



การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์  
และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF SCIENCE EXPERIMENTS PACKAGE IN THE TOPIC  
OF SOUND TO ENHANCE SCIENTIFIC CONCEPTS UNDERSTANDING  
AND COMPUTATIONAL THINKING OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

ทวิษ มณีพนา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทาง  
วิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF SCIENCE EXPERIMENTS PACKAGE IN THE TOPIC  
OF SOUND TO ENHANCE SCIENTIFIC CONCEPTS UNDERSTANDING  
AND COMPUTATIONAL THINKING OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION  
(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์  
และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

ทวิช มณีพนา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุขฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ..... ประธาน  
(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง)

..... ที่ปรึกษาร่วม ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมุข) (รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวิทย์ ผลโภาค)

|                      |                                                                                                                                                 |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อเรื่อง           | การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย |
| ผู้วิจัย             | ทวิช มณีพนา                                                                                                                                     |
| ปริญญา               | การศึกษาดุษฎีบัณฑิต                                                                                                                             |
| ปีการศึกษา           | 2563                                                                                                                                            |
| อาจารย์ที่ปรึกษา     | อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์                                                                                                                        |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤษภระมุล                                                                                                       |

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะที่หนึ่ง การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ฯ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ประเภทชี้แนะแนวทาง ผู้ให้ข้อมูลเป็นผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบประเมินชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง และแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงฯ ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก และแผนการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ระยะที่สอง การศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงฯ ที่พัฒนาขึ้น ที่มีต่อความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และ ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ โดยใช้การวิจัยผลสมผลสนวิธี แบบคู่ขนาน ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลัก โดยใช้ ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นรอง กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ วิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โดยใช้ ค่าพัฒนาการทางการเรียน และการทดสอบค่าที แบบ 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน วิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้ ค่าพัฒนาการทางการเรียน การทดสอบค่าที แบบ 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน และจัดระดับความสามารถโดยใช้ เกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ โดยใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีพัฒนาการทางการเรียน อยู่ในระดับปานกลาง และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ มีพัฒนาการทางการเรียน อยู่ในระดับปานกลาง มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีระดับความสามารถภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้ โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับพอใช้ (ร้อยละ 44) 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์, แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง, การคิดเชิงคำนวณ

|                |                                                                                                                                                                                      |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title          | DEVELOPMENT OF SCIENCE EXPERIMENTS PACKAGE IN THE TOPIC<br>OF SOUND TO ENHANCE SCIENTIFIC CONCEPTS UNDERSTANDING<br>AND COMPUTATIONAL THINKING OF UPPER SECONDARY SCHOOL<br>STUDENTS |
| Author         | THAWICH MANEEPANA                                                                                                                                                                    |
| Degree         | DOCTOR OF EDUCATION                                                                                                                                                                  |
| Academic Year  | 2020                                                                                                                                                                                 |
| Thesis Advisor | Pinit Khumwong                                                                                                                                                                       |
| Co Advisor     | Assistant Professor Chaninan Pruekpramool                                                                                                                                            |

This research aimed to develop scientific concepts about sound and computational thinking and consisted of two phases. The first phase covered the development of science experiment package on the topic of sound using the Guided-5E learning circle. The informants consisted of five experts. The instruments for data collection was an evaluation form for science experiments package on the topic of sound. The collected data was analyzed by mean and standard deviation. The findings showed that the quality of the developed science experiment package and the appropriateness of the lesson plan was at high level. The second phase of the research covered an investigation of the use of the developed science experiment package on the scientific concept understanding of sound, the computational thinking and the satisfaction of the students. The convergent parallel research design was employed using quantitative data as the main data and qualitative data as the support data. The participants consisted of 32 students in Grade 10. The instruments for data collection included a test on scientific concept of sound, a test on computational thinking and a questionnaire on student satisfaction toward learning. The understanding of scientific concept about sound was analyzed using normalized gain, paired sample t-tests and the competency criteria of the Office of the Basic Education Commission. Mean and standard deviation were used to analyze student satisfaction. The results were as follows: (1) the normalized gain of the scientific concept understanding about sound was at a moderate level. The average score after learning was higher before learning at a statistical significance level of .05; (2) the normalized gain of the computational thinking was at a moderate level and the average score after learning was higher than before learning at a statistical significance level of .05. The overall ability was at a fair level. The computational thinking ability of most students was at a fair level (44%); and (3) the level of student satisfaction toward learning was at the highest level.

Keyword : Science Experiments Package, Scientific Concept of Sound, Computational Thinking

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พุกกะประมุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ กรุณาดูแลเอาใจใส่ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงยิ่ง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ และคณาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ สั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ทางด้านวิชาการ คุณธรรม จริยธรรมแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโคก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ทุกคนที่คอยช่วยเหลือเกื้อกูล และคอยให้กำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ อาจารย์ ดร.อุทัย แก้วเพชร อาจารย์ประมวณ ภูบุญคง และคุณเพชรแท้ มณีพนา ที่ช่วยจัดทำข้อมูลจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงโดยสมบูรณ์ รวมทั้งอีกหลายท่านที่ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออนิต มณีพนา คุณแม่สิริพร มณีพนา เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุน และส่งเสริมในทุก ๆ ด้านอย่างดียิ่งเสมอมา จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในวันนี้

ทวิษ มณีพนา

## สารบัญ

|                                              | หน้า |
|----------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                        | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                     | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                         | ฉ    |
| สารบัญ .....                                 | ช    |
| สารบัญตาราง.....                             | ฅ    |
| สารบัญรูปภาพ .....                           | ฉ    |
| บทที่ 1 บทนำ.....                            | 1    |
| ภูมิหลัง .....                               | 1    |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย .....                | 6    |
| ความสำคัญของการวิจัย .....                   | 6    |
| ขอบเขตของการวิจัย .....                      | 7    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ.....                         | 8    |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย .....                   | 10   |
| สมมติฐานของการวิจัย.....                     | 11   |
| บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 13   |
| 1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....         | 14   |
| 1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์.....             | 14   |
| 1.2 สภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....    | 16   |
| 1.3 สภาพการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ .....       | 19   |
| 1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ..... | 22   |
| 2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้..... | 26   |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....                | 26 |
| 2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....                    | 27 |
| 2.3 บทบาทนักเรียนและบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้..... | 31 |
| 2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ .....       | 32 |
| 3. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ .....                                    | 33 |
| 3.1 ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ .....                        | 34 |
| 3.2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ .....                      | 34 |
| 3.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ .....     | 36 |
| 3.4 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ .....                   | 38 |
| 4. สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....                                | 42 |
| 4.1 ความหมายของสื่อการจัดการเรียนรู้.....                               | 42 |
| 4.2 ประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้.....                                 | 43 |
| 4.3 การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้.....                                 | 46 |
| 4.4 การประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้.....                                | 48 |
| 4.5 ประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้.....                               | 50 |
| 5. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์.....                                            | 52 |
| 5.1 ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์.....                                | 52 |
| 5.2 ประเภทของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์.....                                  | 53 |
| 5.3 การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์.....                                   | 54 |
| 5.4 การวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์.....                                     | 54 |
| 5.5 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง.....                             | 58 |
| 6. ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้.....                                       | 63 |
| 6.1 ความหมายของความพึงพอใจ .....                                        | 63 |

|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ .....                                                                                                            | 63  |
| 6.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้.....                                                                                                    | 66  |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....                                                                                                                       | 69  |
| ระยะที่ 1 เพื่อพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์และแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสียง เพื่อ<br>ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ..... | 73  |
| ระยะที่ 2 เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริม<br>ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ .....               | 85  |
| จริยธรรมของการวิจัย .....                                                                                                                             | 93  |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                                                                                    | 94  |
| ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้<br>เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงคำนวณ..... | 94  |
| ตอนที่ 2 ผลการใช้ชุดการทดลอง .....                                                                                                                    | 105 |
| บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....                                                                                                          | 120 |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย .....                                                                                                                         | 120 |
| สมมติฐานของการวิจัย.....                                                                                                                              | 120 |
| ขอบเขตของการวิจัย .....                                                                                                                               | 121 |
| สรุปผลการวิจัย.....                                                                                                                                   | 123 |
| อภิปรายผลการวิจัย .....                                                                                                                               | 124 |
| ข้อเสนอแนะ .....                                                                                                                                      | 128 |
| บรรณานุกรม .....                                                                                                                                      | 130 |
| ภาคผนวก.....                                                                                                                                          | 136 |
| ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย .....                                                                                         | 137 |
| ภาคผนวก ข คุณภาพเครื่องมือ .....                                                                                                                      | 139 |
| ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย .....                                                                                                               | 153 |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| ภาคผนวก ง ใบรับรองการทำวิจัยในมนุษย์..... | 173 |
| ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการเรียนรู้.....      | 175 |
| ประวัติผู้เขียน.....                      | 177 |



## สารบัญตาราง

|                                                                                                                                        | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตาราง 1 แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง.....                                                                  | 59   |
| ตาราง 2 วิธีดำเนินการวิจัย .....                                                                                                       | 70   |
| ตาราง 3 แอปพลิเคชันวัดความดังของเสียงและความถี่ของเสียง ระบบปฏิบัติการ Android .....                                                   | 78   |
| ตาราง 4 แอปพลิเคชันวัดความดังของเสียงและความถี่ของเสียง ระบบปฏิบัติการ iOS .....                                                       | 78   |
| ตาราง 5 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบของแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย .....           | 86   |
| ตาราง 6 ความคลาดเคลื่อนของการวัดความถี่เสียง ด้วยแอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer เทียบกับความถี่เสียงจากส้อมเสียง .....            | 102  |
| ตาราง 7 แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง .....                                                             | 103  |
| ตาราง 8 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง .....                               | 104  |
| ตาราง 9 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) ..... | 106  |
| ตาราง 10 แสดงการทดสอบที ชนิด Paired samples t – test ของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง .....                              | 107  |
| ตาราง 11 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ).....         | 110  |
| ตาราง 12 แสดงการทดสอบที ชนิด Paired samples t – test ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ .....                                              | 111  |
| ตาราง 13 แสดงการประเมินความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ .....                                                             | 112  |
| ตาราง 14 แสดงค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง .....                            | 117  |



## สารบัญรูปภาพ

|                                                                                  | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....                                           | 11   |
| ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ .....                       | 35   |
| ภาพประกอบ 3 อุปกรณ์ชุดคิทที่นำมาดัดแปลงเป็นรถกำเนิดเสียง .....                   | 74   |
| ภาพประกอบ 4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำเนิดเสียงปรับความถี่ได้ .....                    | 74   |
| ภาพประกอบ 5 รถกำเนิดเสียง ด้านหน้า .....                                         | 76   |
| ภาพประกอบ 6 รถกำเนิดเสียง ด้านหลัง .....                                         | 76   |
| ภาพประกอบ 7 รถกำเนิดเสียง ด้านบน .....                                           | 77   |
| ภาพประกอบ 8 รถกำเนิดเสียง ด้านข้าง .....                                         | 77   |
| ภาพประกอบ 9 โมเดลที่ 1 .....                                                     | 95   |
| ภาพประกอบ 10 โมเดลที่ 2 .....                                                    | 95   |
| ภาพประกอบ 11 โมเดลที่ 3 .....                                                    | 96   |
| ภาพประกอบ 12 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำเนิดเสียงปรับความถี่ของเสียงได้ของโมเดล 2 ..... | 97   |
| ภาพประกอบ 13 รถกำเนิดเสียง ด้านหน้า .....                                        | 97   |
| ภาพประกอบ 14 รถกำเนิดเสียง ด้านหลัง .....                                        | 98   |
| ภาพประกอบ 15 รถกำเนิดเสียง ด้านบน .....                                          | 98   |
| ภาพประกอบ 16 รถกำเนิดเสียง ด้านข้าง .....                                        | 99   |
| ภาพประกอบ 17 รถปรับอัตราเร็ว ด้านหน้า .....                                      | 100  |
| ภาพประกอบ 18 รถปรับอัตราเร็ว ด้านหลัง .....                                      | 100  |
| ภาพประกอบ 19 รถปรับอัตราเร็ว ด้านบน .....                                        | 101  |
| ภาพประกอบ 20 รถปรับอัตราเร็ว ด้านข้าง .....                                      | 101  |
| ภาพประกอบ 21 ลำโพงบลูทูธ .....                                                   | 102  |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาพประกอบ 22 ระดับความสามารถของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ..... | 113 |
| ภาพประกอบ 23 การคิดเชิงนามธรรม ก่อนเรียน.....                    | 115 |
| ภาพประกอบ 24 การคิดเชิงนามธรรม หลังเรียน .....                   | 116 |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญของความรู้ทางฟิสิกส์สามารถใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ เช่น ทำไมท้องฟ้ามีสีฟ้า ดาวเทียมอยู่ในวงโคจรได้อย่างไร คลื่นวิทยุเดินทางผ่านบริเวณที่ไม่มีอากาศได้อย่างไร (Young, & Freedman, 2014, p. 1) นอกจากนี้ความรู้ทางฟิสิกส์เป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551, p. 4) โดยฟิสิกส์นั้นเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของสสารกับพลังงาน โดยอาศัยการสังเกตและรวบรวมข้อมูล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, p. 5) ยิ่งไปกว่านั้นองค์ความรู้ทางฟิสิกส์นำไปสู่การพัฒนาด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีต่าง ๆ มากมาย (Constant, 1967, p. 4; Khim, 1978, pp. 28 – 29; Young, & Reedman, 2014, p. 1; สมชาย เกียรติกมลชัย และ ไพศาล ตู่ประกาย, 2548, น. 1; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 8 - 9) แนวคิดทางฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ถือเป็นแนวคิดหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น ด้านสถาปัตยกรรม ด้านการประมง ด้านธรณีวิทยา และด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) นอกจากนี้ยังเป็นแนวคิดหนึ่งของรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 2: วิทยาศาสตร์กายภาพ

ถึงแม้แนวคิดทางฟิสิกส์จะมีความสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศต่างมีความสอดคล้องกันว่า นักเรียนมีแนวคิดทางฟิสิกส์ที่คลาดเคลื่อนในหลายหัวข้อ (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981, p. 121; Heller, & Reif, 1982, p. 2; Caleon, & Subramaniam, 2010, p. 939; Pejuan, Bohigas, Jaen, & Periago, 2012, p. 669) สำหรับแนวคิด เรื่อง เสียง พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ อาทิเช่น ความเข้มเสียงมีความหมายเดียวกับพลังงานเสียง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) เมื่อมีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่งระดับสูงต่ำ ของเสียงรวมเท่ากับผลรวมของระดับสูงต่ำของเสียงย่อย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) การได้ยินเสียงขึ้นอยู่กักระดับสูงต่ำของเสียงเพียงอย่างเดียว (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ความดังและระดับสูงต่ำของเสียงเป็นสิ่งเดียวกัน (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย, และคนอื่น ๆ, 2549; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014) ระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นอยู่กับความสูงต่ำของแอมพลิจูดของคลื่นเสียง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) และปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่รับรู้ได้เฉพาะมนุษย์เท่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีทักษะและความเข้าใจแนวคิดนั้นครูต้องใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนและมีการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนสร้างแนวคิดจากความเข้าใจ และเกิดการเรียนรู้ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (อภิสิทธิ์ ธงไชย, และคนอื่น ๆ, 2549; ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014)

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน พบว่า สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถสร้างแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ถูกต้องให้กับนักเรียนได้จากประสบการณ์จริง (อติตา ดวงดีทิพย์, 2558) ทั้งนี้สื่อการจัดการเรียนรู้ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ (สุคนธ์ สิ้นธพานนท์, 2552; อติชาติ สมศักดิ์, 2544, น. 1; ธาราทิพย์ คำสิงห์นอก, 2550, น. 2 - 3; นิคม ทาแดง, และ ศันสนีย์ สังสรรค์คอนันต์, 2557)

ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ถือเป็นสื่อการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญรูปแบบหนึ่ง ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Roth, 1994, p. 197; Cox, & Junkin, 2002, p. 37; Houle, & Barnett, 2008, p. 242; อภิสิทธิ์ จันทร์สงแสง, 2549) โดยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้เห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการทดลอง (มนต์ชัย เทียนทอง, 2530, น. 10; ประกาศิต ตันติอลงการ, 2535, น. 78; ัญญะ โพธิ์รัง, 2550, น. 19) แต่ในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสียง ยังไม่มีชุดการทดลองที่สามารถทำให้นักเรียนเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน โดยชุดการทดลองที่ใช้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะมีอุปกรณ์หลัก คือ เครื่องกำเนิดเสียง รุ่น P. 150 นำมาต่อกับลำโพง ซึ่งการปรับความถี่ของเสียงให้ต่างกันไม่เกิน 7 เฮิร์ตซ์ ของเครื่องกำเนิดเสียง รุ่น P. 150 ทำได้ยาก จึงไม่เหมาะสำหรับการทดลองเกี่ยวกับการเกิดบีต นอกจากนี้ เครื่องกำเนิดเสียง รุ่น P.150 ให้กำเนิดเสียง ในช่วงความถี่ของเสียง 1,000 – 4,000 เฮิร์ตซ์ เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทดลองเกี่ยวกับ คลื่นนิ่งของเสียง การสั่นพ้องของเสียง แต่ไม่เหมาะ

สำหรับการทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ เนื่องจากช่วงเวลาที่ของเสียงต่ำทำให้เกิดความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริงได้ยาก และจากการศึกษาของผู้วิจัยเกี่ยวกับสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง พบว่า ปัจจุบันการเรียนปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงในประเทศไทยนั้น ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อสังเกตค่าความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริงด้วยความรู้สึกรู้สึกของตนเอง โดยไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการวัดความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริง ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ (ทวีช มณีพนา, ชนินันท์ พุกฤษประมุล, และ พินิจ ขำวงษ์, 2563; บรรยงค์เวทย์ ศิริสาร, 2547, น. 1 – 2; Tejedor, Palacio, & Monsoriu, 2014, pp. 1 - 2) สำหรับชุดการทดลองปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงในต่างประเทศจะมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการวัดความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริงอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่จะต้องอาศัยการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งทำให้มีราคาที่สูงมาก อีกทั้งอุปกรณ์ที่นำเข้ามายังมีความซับซ้อนในการใช้งานประกอบด้วยอุปกรณ์ย่อย ๆ หลายชิ้น โดยนักเรียนจะต้องทำการศึกษาค้นคว้าเตรียมอุปกรณ์อย่างละเอียดทำให้สิ้นเปลืองเวลาในชั้นเรียนอย่างมาก นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดอื่น ๆ อีก เช่น การทดลองจะต้องทำการวัดความถี่ของเสียงที่ระดับสูง ประมาณ 16,000 เฮิรตซ์ เพื่อให้สามารถสังเกตค่าความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริงได้อย่างชัดเจน และถ้าหากต้องการวัดค่าความถี่ของเสียงในตำแหน่งต่าง ๆ เพิ่มเติม จะต้องซื้ออุปกรณ์ในการวัดความถี่ของเสียงเพิ่มส่งผลให้มีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้การศึกษา เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการวัดค่าความถี่ของเสียงในหลาย ๆ ตำแหน่ง เพื่อป้องกันความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

นอกจากการนำสื่อการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แล้ว การเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับสื่อการจัดการเรียนรู้ก็มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้การจัดการเรียนรู้ประสบความสำเร็จได้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความสำคัญกับแนวคิดที่สำคัญมากกว่าการท่องจำเนื้อหา มุ่งหวังให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้เป็นผู้ค้นคว้าความรู้ หรือสร้างความรู้ ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004, p. 610) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (อุบล กลิ่นหอม, 2551; เอกชัย เนาวนิช, และ ปณิตา วรธนพิรุณ, 2555; อุบลวรรณ กิจคนะ, 2561) มีหลักการสำคัญเน้นให้นักเรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

ให้ความสำคัญกับหลักฐาน สร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่ดี เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ อาทิเช่น 3 ขั้นตอน 4 ขั้นตอน 5 ขั้นตอน 6 ขั้นตอน และ 7 ขั้นตอน (นันทิยา บุญเคลือบ, 2540, น. 13 – 14 ; Bybee, et al., 2006) ทั้งนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 32 – 34) ได้แนะนำและส่งเสริมให้ครูใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ดังนั้นวัตถุประสงค์เริ่มต้นของการวิจัยนี้ จึงต้องการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิด เรื่อง เสี่ยง อย่างถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ การมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาก็เป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม ในปัจจุบัน พบว่า โลกมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากมีการนำเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้มากขึ้น ทั้งในชีวิตประจำวัน และในด้านอุตสาหกรรมการผลิต การบริการเพื่อการพัฒนาประเทศให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลง การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถออกแบบวิธีแก้ไขปัญหาค้นคว้าได้ และเป็นพื้นฐานสำคัญในการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Institute of the Future for the University of Phoenix Research Institute (IFTF), 2010; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการออกแบบระบบ การแยกแยะและทำเป็นลำดับขั้นตอน ตลอดจนการทำความเข้าใจในพฤติกรรมความคิดของมนุษย์ โดยผสมตัวเข้ากับเทคโนโลยีเพื่อการแก้ปัญหา (Wing, 2006; Cuny, Snyder, & Wing, 2010; Sneider, Stephenson, Schafer, Flick, 2014) และยังมีการผสมผสานกับองค์ความรู้เดิมเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ (Atmatzidou, & Demetriadis, 2016; Bers, 2010; Lockwood, & Mooney, 2018) อย่างไรก็ตาม การคิดเชิงคำนวณไม่ได้ถูกใช้ได้กับการเรียนรู้ในศาสตร์ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์เท่านั้น แต่แท้จริงแล้วเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญที่ทุกคนจะต้องเรียนรู้ เพื่อนำมาใช้แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) การคิดเชิงคำนวณได้ถูกกำหนดอยู่ในสาระเทคโนโลยี

ซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้หนึ่ง ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากให้เกิดการบูรณาการกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อนำความรู้บูรณาการไปสู่การแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะมีความสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณ กล่าวคือ เน้นกระบวนการการแก้ไขปัญหา เพื่อสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง อย่างมีระบบ (Sulistiyo, & Wijaya, 2020) ผู้วิจัยได้เห็นถึงแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ โดยจะเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ต่าง ๆ จนสามารถค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนที่เน้นให้นักเรียนสามารถค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเอง (Jacob, Nguyen, Garcia, Richardson, & Warschauer, 2020) ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังมีการจัดประเภทออกเป็น 4 ประเภท โดยพิจารณาจาก ระดับของบทบาทและการมีส่วนร่วมของครู และระดับของบทบาทและความท้าทายของกิจกรรมที่จัดให้นักเรียน ได้แก่ 1) การสืบเสาะหาความรู้แบบกำหนดแนวทาง (Structure Inquiry) 2) การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) 3) การสืบเสาะหาความรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Inquiry) และ 4) การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) (กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์, 2558, น. 4 - 5) การวิจัยนี้เลือกประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประเภทชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) เนื่องจากต้องการให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น โดยครูจะกำหนดปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้ แต่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบวิธีการและดำเนินการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง ทั้งนี้เพื่อเป็นการฝึกความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ที่เน้นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงตรรกะ การวิเคราะห์ข้อมูล และวิธีการแก้ปัญหาย่างมีระบบ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5 ขั้นตอน ประเภทชี้แนะแนวทาง งานวิจัยนี้จะเป็นต้นแบบในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับผู้เกี่ยวข้องได้นำไปปรับใช้เพื่อปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิด

และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ส่งเสริมผู้เรียนให้ได้เรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ และเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ
2. เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ โดยพิจารณาประเด็น ดังนี้
  - 2.1 ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
  - 2.2 ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
  - 2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความสำคัญของการวิจัย ดังนี้

1. ได้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสิทธิภาพ สำหรับครูผู้สอนและผู้สนใจนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังนับเป็นการเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงสื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่ถูกต้อง และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ได้อย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการที่เป็นลำดับขั้นตอน

### ขอบเขตของการวิจัย

**ระยะที่ 1 เพื่อพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

#### ผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลการประเมิน เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ จากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งหมด 5 ท่าน เลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์พิจารณา คือ ผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาหรือวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ อย่างน้อย 10 ปี และมีตำแหน่งทางวิชาการระดับตั้งแต่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขึ้นไป

#### ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ดำเนินการพัฒนา ประเมิน และปรับปรุงเสร็จ ในช่วง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

**ระยะที่ 2 เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

#### กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียน เรื่อง เสียง มาก่อน จำนวนนักเรียนประมาณ 32 คน มาจากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในเขตกรุงเทพมหานคร ได้จากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling)

#### ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

## เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 2: วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง เสียง ประกอบด้วยเนื้อหา 6 หน่วยย่อย ดังนี้ 1) ความเข้มเสียง 2) ระดับสูงต่ำของเสียง 3) คลื่นนิ่งของเสียง 4) การสะท้อนของเสียง 5) การเกิดบีต และ 6) ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

## ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในช่วง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมเพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ หมายถึง อุปกรณ์การทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ประกอบด้วย รถปรับอัตราเร็ว เครื่องกำเนิดเสียง ลำโพงบลูทูธ เครื่องวัดระดับเสียง เครื่องวัดระดับสูงต่ำของเสียง ท่อปลายปิดหนึ่งด้าน สเตทโดสโคป ไม้มัด นาฬิกาจับเวลา เทอร์โมมิเตอร์ คู่มือครู และคู่มือนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพื่อส่งเสริมพัฒนาให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยจะใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5 ขั้นตอน ประเภทชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) โดยรถปรับอัตราเร็ว พัฒนาจากอุปกรณ์ชุดคิทที่ประกอบด้วยตนเองได้ มีเครื่องกำเนิดเสียงและอุปกรณ์วัดระดับเสียง โดยใช้แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์อัจฉริยะที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความเข้มเสียง ระดับสูงต่ำของเสียง คลื่นนิ่งของเสียง การสะท้อนของเสียง การเกิดบีต และปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในส่วนขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

### 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

ครูเตรียมความพร้อมนักเรียน โดยการสร้างความสนใจในการเรียนรู้ ด้วยการกระตุ้นความคิดและความรู้เดิม โดยใช้สถานการณ์ต่าง ๆ จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามหลัก เพื่อให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบด้วยตนเองในขั้นตอนต่อไป

## 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง ในประเด็นคำถามที่กำหนดให้ ในขั้นสร้างความสนใจ โดยใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และฝึกความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ทั้ง 4 องค์ประกอบ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำถามย่อย ของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ครูกำหนดให้ (Decomposition) ตั้งสมมติฐานของคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Pattern Recognition) ออกแบบ ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการทดลอง โดยเขียนวิธีดำเนินการทดลองอย่างละเอียด เพื่อตอบสนองสมมติฐานที่ตั้งไว้ (Algorithm Design) และพร้อมทั้งวาดภาพการทดลองที่จะเกิดขึ้น โดยจะต้องแสดงถึงรายละเอียดตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ พร้อมทั้งออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง (Abstraction) โดยครูจะช่วยกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนได้เกิดการคิดแก้ไขปัญหาและลงมือปฏิบัติ

## 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุป โดยนำเสนอผลจากการลงมือกระทำในรูปแบบการร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อให้ครูและนักเรียนได้ลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

## 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย โดยนำความรู้และประสบการณ์ที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ จากนั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์ของแนวคิดที่ได้เรียนรู้

## 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)

ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อตรวจสอบนักเรียนว่ามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างไร โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การตรวจแผนผังความคิด (Mind Map) ใบบันทึกผลการทดลอง และแบบฝึกหัด

2. ความเข้าใจแนวทางคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสรุป เพื่ออธิบายเกี่ยวกับเนื้อหาและปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง เรื่อง เสียง โดยวัดจากการเขียนความหมาย การอธิบาย การให้เหตุผล และการยกตัวอย่าง จากการตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ หมายถึง การแสดงออกของนักเรียนในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงตรรกะ การวิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการดังนี้

1) การย่อยปัญหา (Decomposition) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกปัญหาออกเป็นส่วนเล็ก ๆ เพื่อให้แก้ปัญหาได้ง่าย

2) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) หมายถึง ความสามารถในการหาลักษณะที่เหมือนกันของปัญหาเล็ก ๆ ที่จำแนกออกมา

3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) หมายถึง ความสามารถในการมุ่งความคิดไปที่ข้อมูลสำคัญของปัญหา หรือวิธีการแก้ปัญหา โดยตัดส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป

4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) หมายถึง ความสามารถในการพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน

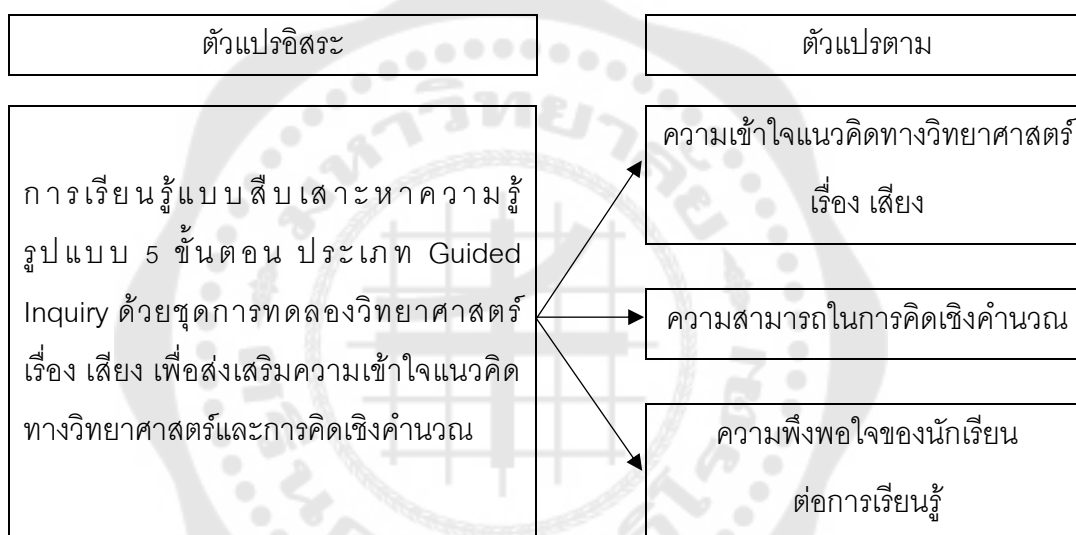
ซึ่งวัดและประเมินจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

4. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งทำการสอบถามด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นแบบสอบถามตามมาตราส่วน แบบ Likert ซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยวัดความพึงพอใจของนักเรียน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

ปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ที่คลาดเคลื่อน และการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ สามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5 ขั้นตอน ประเทษี่แนะแนวทาง ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จะให้ความสำคัญกับแนวคิดที่สำคัญมากกว่าการท่องจำเนื้อหา มุ่งหวังให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้เป็นผู้ค้นคว้าความรู้ หรือสร้างความรู้ ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552; Schwartz, Lederman,

& Crawford, 2004, p. 610) ซึ่งก็จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดเชิงคำนวณไปในขณะเดียวกัน โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา องค์ประกอบปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ออกแบบขั้นตอนการสืบเสาะ และสรุปผลจากข้อมูลผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบและเชื่อมโยงแบบรูป ในที่สุดนักเรียนเห็นปรากฏการณ์ที่ศึกษา ทำให้เกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (มนต์ชัย เทียนทอง, 2530, น. 10; ประกาศิต ต้นตอกลงการ, 2535, น. 78; รัญญะ โพธิ์รัง, 2550, น. 19) และเพื่อเป็นการตรวจสอบว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวตรงกับความต้องการหรือความสนใจของนักเรียนหรือไม่ ผู้วิจัยจึงได้สอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ซึ่งกรอบแนวคิดในการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

### สมมติฐานของการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

1. ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์คุณภาพระดับมาก
2. แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์ความเหมาะสมระดับมาก
3. ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์พัฒนาทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ( $g \geq 0.7$ )

4. ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์พัฒนาทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ( $g \geq 0.7$ )

6. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ภาพรวมผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับดี

8. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมาก

## บทที่ 2

### เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
  - 1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์
  - 1.2 สภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
  - 1.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.3 บทบาทนักเรียนและบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
3. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
  - 3.1 ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
  - 3.2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
  - 3.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
  - 3.4 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
4. สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
  - 4.1 ความหมายของสื่อการจัดการเรียนรู้
  - 4.2 ประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้
  - 4.3 การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้
  - 4.4 การประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้
  - 4.5 ประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้

## 5. ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.2 ประเภทของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.3 การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.4 การวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.5 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง

## 6. ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

6.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

## 1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

### 1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันและอนาคต วิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะ วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวัน การทำงาน รวมถึงการพัฒนาประเทศให้สามารถแข่งขันกับประเทศอื่นได้ ในหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านการพัฒนาอุตสาหกรรม ด้านการพัฒนาเกษตรกรรม ด้านการป้องกันประเทศ เป็นต้น (ประเวศ วะสี, 2544, น. 14; เต็มศักดิ์ เศรษฐวิธานิช, 2539, น. 61; อรุณ สถานุพงษ์, 2535, น. 10; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545, น. 1; กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 1) เครื่องมือ เครื่องใช้ ผลผลิต และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเป็นผลมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ และศาสตร์อื่น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 1; Pallrand & Suker, 1984, pp. 507 - 516) นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ ยังช่วยพัฒนาให้มนุษย์ได้มีทักษะเกี่ยวกับกระบวนการคิด มีการเรียนรู้อย่างมีเหตุผลสามารถคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ ตัดสินใจและแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ (นันทิยา บุญเคลือบ, 2542, น. 44; รุ่ง แก้วแดง, 2558, น. 5) ซึ่งสอดคล้องกับกรมวิชาการ (2539, น. 68) ที่กล่าวถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ประเด็น ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ช่วยแก้ปัญหาชีวิต ในการดำเนินชีวิตของแต่ละคนย่อมเผชิญปัญหามากมายแตกต่างกันไปซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นเราจึงต้องเตรียมตัวให้พร้อมเพื่อจะเข้าใจปัญหาสาเหตุของปัญหาและวิธีการหลีกเลี่ยงปัญหานั้นให้ได้

2) วิทยาศาสตร์ช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิต วิทยาศาสตร์เป็นตัววางรากฐานของสังคม ช่วยให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจ มีข้อมูลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้เราสามารถปรับตัวให้ทันสมัยต่อสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปและยังช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิตด้วย

3) วิทยาศาสตร์สร้างรากฐานที่มั่นคงให้อุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์เป็นรากฐานที่มั่นคงในการพัฒนาอุตสาหกรรม ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องผลิตนักวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาค้นคว้าและพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ประเทศสามารถพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีได้เอง โดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยประเทศอื่น

4) วิทยาศาสตร์ช่วยให้ผลิตบุคลากรได้สอดคล้องกับความต้องการของสังคม วิทยาศาสตร์มีบทบาทในการผลิตกำลังคนในระดับปฏิบัติการ หรือผู้ดำเนินการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อป้อนเข้าอุตสาหกรรม

จากความสำคัญของวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า วิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge - Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา ให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 1; บุญนา อินทนนท์, 2551)

วิทยาศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Life Science) วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science) และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ (Earth and Space Science) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, น. 1) ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์กายภาพที่มีความสำคัญ ความรู้ของฟิสิกส์เป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ โดยฟิสิกส์นั้นเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งไม่มีชีวิต ทำการศึกษาองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของสสารกับพลังงาน จากการสังเกตและรวบรวมข้อมูล จนสรุปเป็นกฎและทฤษฎี เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้น องค์ความรู้ทางฟิสิกส์นำไปสู่การพัฒนา ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีต่าง ๆ มากมาย (Constant 1967, p. 4; Khim, 1978, pp. 28 – 29, สมชาย เกียรติกรมลชัย, และ ไพศาล ตู้ประกาย, 2548, น. 1) เช่น “ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์” (Doppler Effect) เป็นเนื้อหาหนึ่งของรายวิชาฟิสิกส์ ในสาระที่ 5: พลังงาน ได้มีการนำมาใช้ในการอธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การศึกษาการขยายตัวของเอกภพ การศึกษาการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี

การศึกษาการเคลื่อนที่ของดาว การค้นหาดาวนอกระบบสุริยะ การศึกษาการเคลื่อนที่ของเมดลีด หรือการหาอัตราเร็วของรถ เป็นต้น (Young, & Reedman, 2014, pp. 532 - 533)

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่า วิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญ และเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างยิ่ง ในทุก ๆ ด้าน นอกจากนี้การรู้วิทยาศาสตร์ยังเป็นการช่วยพัฒนาประเทศให้ก้าวไปข้างหน้าได้อีกด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน และพัฒนาประเทศต่อไป

## 1.2 สภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในปัจจุบันอาศัยหลักการตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545) โดยมีสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในมาตรา 22 และมาตรา 24 ดังนี้

“มาตรา 22 ได้ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและ เต็มตามศักยภาพ”

“มาตรา 24 ได้ระบุว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ ดังต่อไปนี้”

1. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
2. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา
3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง
4. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกันรวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา
5. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและ

ผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการ  
ประเภทต่าง ๆ

6. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความ  
ร่วมมือกับบิดามารดาผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนา  
ผู้เรียนตามศักยภาพ

(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545)

จากการศึกษาพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม  
พ.ศ. 2545) พบว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น จะต้องคำนึงถึงนักเรียนว่ามีความสำคัญ  
มากที่สุด โดยการจัดการเรียนรู้จะต้องสอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของนักเรียน  
นักเรียนจะต้องมีโอกาสได้เรียนรู้จากสถานการณ์ที่เป็นประสบการณ์จริง พร้อมทั้งจะต้องได้ฝึกฝน  
ทักษะในด้านต่าง ๆ รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม และจริยธรรมที่ดีงาม

อย่างไรก็ตามเพื่อให้บรรลุ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไข  
เพิ่มเติม พ.ศ. 2545) ประเทศไทยได้ทำการปฏิรูปการศึกษาทศวรรษที่ 2 (พ. ศ. 2552 - 2561)  
มีการกำหนดกรอบทิศทางการศึกษาที่มีการมุ่งเน้นการพัฒนาคนไทยยุคใหม่ให้มีนิสัยใฝ่เรียนรู้  
ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยกำหนดเป้าหมายของการปฏิรูปการศึกษาทศวรรษที่ 2  
(พ. ศ. 2552 - 2561) 4 ประการ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554, น. 40 – 45) ดังนี้

- 1) คนไทยและการศึกษาไทยมีคุณภาพและได้มาตรฐานระดับสากล
- 2) คนไทยมีความใฝ่รู้
- 3) คนไทยมีความใฝ่ดี
- 4) คนไทยคิดเป็นทำเป็นและแก้ไขปัญหาได้

จากที่กล่าวในข้างต้น พบว่า มีความสอดคล้องกับแผนนโยบายการศึกษาชาติ  
(พ.ศ. 2560 - 2579) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถของคนไทยทุกช่วงวัยให้  
เต็มตามศักยภาพ สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการเปลี่ยนแปลงของโลก  
ศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

การกำหนดเป้าหมายและนโยบายทางการศึกษาของประเทศไทยดังกล่าวนี้  
เมื่อนำมาสู่การปฏิบัติ พบว่า คุณภาพด้านการศึกษาของนักเรียนไทยไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่  
วางไว้ทั้งโดยเฉพะอย่างยิ่ง สภาพของการจัดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ศึกษาในประเทศไทย  
ไทยทุกระดับการศึกษาเน้นที่การหาหลักการ และทฤษฎีเป็นหลัก โดยขาดการบูรณาการ ไม่มี  
การเชื่อมโยงกับชีวิตจริง และในแต่ละระดับชั้นก็มีเป้าหมายและนโยบายไม่สอดคล้องกัน

โดยที่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอในการตัดสินใจ ประกอบอาชีพ ขณะที่หลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตท้องถิ่น และประเทศชาติ (ชินภัทร ภูมิรัตน์, 2542, น. 13)

การขับเคลื่อนกระบวนการต่าง ๆ ให้บรรลุเป้าหมายของการปฏิรูปการศึกษารวมถึง นโยบายแผนการศึกษาแห่งชาติดังกล่าว จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการทางการศึกษาซึ่งเป็น เครื่องมือสำคัญ ในการพัฒนาคนซึ่งเป็นรากฐานของสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษา ทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกลไกสำคัญก่อให้เกิดการคิดค้นนวัตกรรมและเทคโนโลยีอันเป็น ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การพัฒนาประเทศ รวมทั้งมีบทบาทในการพัฒนาความคิดและ ศักยภาพของบุคคลในด้านความมีเหตุผล ความมีระบบและระเบียบ การสื่อสาร การเลือกสรร ข้อมูลสารสนเทศและการกำหนดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2545, น. 1) การนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเป็น เป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และการเรียนการสอนของทุกประเทศ (Jennifer, 2002, p. 1; Erdemir, 2009, p. 3) หน้าที่สำคัญของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาคือการเตรียมความพร้อม ให้กับนักเรียนทั้งในด้านมโนทัศน์ หลักการต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา และการเรียนรู้ ในระดับอุดมศึกษาต่อไป (Portoles, & Lopez, 2008, p. 106; Erdemir, 2009, p. 3)

แม้จะมีความพยายามในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง แต่การประเมินทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยในระดับนานาชาติ พิจารณาจากสถานการณ์การศึกษาของประเทศไทยในเวทีอาเซียนและเวทีโลก ซึ่งจัดขึ้น โดยหน่วยงานต่าง ๆ อาทิเช่น (1) ผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติโดย สถาบัน IMD (International Institute for Management Development) พบว่า ในการจัดลำดับ ด้านการศึกษา ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยอยู่ลำดับที่ 51 จาก 59 ประเทศทั่วโลก โดยในระดับ อาเซียนประเทศที่มีอันดับดีที่สุด คือ สิงคโปร์ ซึ่งอยู่ในระดับที่ 10 รองลงมาคือ มาเลเซีย ลำดับที่ 35 (World Competitiveness Yearbook 2011: 30) และ(2) การจัดลำดับคะแนนเฉลี่ย ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจัดโดยโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) พบว่านักเรียนไทย ส่วนใหญ่มีคะแนนทางวิทยาศาสตร์อยู่ในช่วง 400 – 474 คะแนน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 456 คะแนน ต่ำกว่ามัธยฐานนานาชาติซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 500 คะแนน (สถาบันทดสอบ ทางการศึกษาแห่งชาติ, 2558, น. 33)

เมื่อพิจารณาถึงผลการเรียนในระดับชาติ คุณภาพการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากผลการทดสอบ ได้แก่ (1) ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำพื้นฐานหรือ O-NET (Ordinary National Educational Test) พบว่า คะแนนสอบของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เฉลี่ยร้อยละทั่วประเทศประจำปีการศึกษา 2560 เท่ากับ 29.37 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาจำแนกรายสาระ พบว่า ในสาระที่ 5: พลังงานนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยทั่วประเทศต่ำที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพียง 23.96 คะแนน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ขั้นต่ำร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561) และ (2) ผลการทดสอบความถนัดทางวิชาชีพและวิชาการ หรือ PAT (Professional and Academic Aptitude Test) ในส่วนของความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ (PAT 2) พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ครั้งที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2558 และครั้งที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2559 เท่ากับ 76.18 และ 79.49 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 300 คะแนน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) ซึ่งผลการทดสอบทั้งในส่วนของ O-NET และ PAT 2 แสดงให้เห็นว่า ผลคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 จากผลการประเมินคุณภาพด้านการศึกษานักเรียนไทยทั้งในระดับนานาชาติและระดับชาติสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงปัญหาในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยที่ไม่สามารถพัฒนานักเรียนให้บรรลุเป้าหมายทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554, น. 53)

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนเกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

### 1.3 สภาพการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์

เมื่อพิจารณาในสาระฟิสิกส์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์ขาดทักษะในการทำกิจกรรมการทดลอง และนักเรียนมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยาก (ราชันกร ครสสาย, 2550) อีกทั้งการทำข้อสอบต้องอาศัยวิธีการท่องจำสูตรและตัวอย่างโจทย์ปัญหา ซึ่งเห็นได้จากการนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีแต่กลับมีผลคะแนนการสอบในระดับชาติไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้หมดกำลังใจที่จะเรียนรู้

และมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิชาที่เรียน (ศิริเดช สุชีวะ, 2538) นอกจากนี้ยังเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ทำความเข้าใจแนวคิดที่สูงขึ้น (Halloun, & Hestenes, 1985; สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551, น. 19) สอดคล้องกับข้อสรุปจากการเสวนาทางวิชาการของนักการศึกษาฟิสิกส์ว่าปัญหาการเรียนการสอนฟิสิกส์ ในระดับอุดมศึกษาส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนมีพื้นฐานทางฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เพียงพอทำให้ไม่สามารถติดตามและทำความเข้าใจเนื้อหาในระดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551, น. 24) อย่างไรก็ตามปัญหาของนักเรียนในการเรียนรู้ แนวคิดทางฟิสิกส์ดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นกับนักเรียนไทยเท่านั้น จากรายงานปัญหาการเรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์ของนักการศึกษา ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้ปัญหาโจทย์ทางฟิสิกส์ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอทำให้ ไม่สามารถประยุกต์มันในทัศน์ต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหามทางฟิสิกส์ได้ (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981, p. 121; Heller, & Reif, 1982, pp. 2 - 16; Jennifer, 2002, p. 4) แต่ถึงอย่างไรนักเรียนก็ยังให้ ความสนใจและพยายามที่จะเรียนวิชาฟิสิกส์ให้เข้าใจมากที่สุด (Arnold, 1889, p. 712)

สำหรับการเรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์นั้น ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง นับได้ว่าเป็นเนื้อหาที่ยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนการจัดการเรียนรู้จะต้องสามารถทำให้นักเรียนสร้างแนวคิดที่ถูกต้อง ให้ได้ (บรรยงค์เวทย์ ศิริสาร, 2547, น. 4) ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ มีลักษณะของเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม สามารถทำความเข้าใจได้ยาก และจากการศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ของผู้วิจัย ได้ผลเป็นดังนี้

#### 1. ด้านเนื้อหาการจัดการเรียนรู้

ครูผู้สอน (ร้อยละ 100) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงเป็นอย่างดี ซึ่งปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง คือ ปรากฏการณ์ที่ผู้ฟังได้ยินเสียงมีความถี่ผิดไปจากความเป็นจริง เนื่องจากผู้ฟังและแหล่งกำเนิดเสียงมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน โดยครูผู้สอนสามารถอธิบายถึงความดังของเสียงกับความถี่ของเสียงได้ สามารถบอกถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริงของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษา พบว่า ครูผู้สอน (ร้อยละ 66.67) ไม่ทราบถึงการนำปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงมาประยุกต์ใช้ โดยส่วนใหญ่จากยกตัวอย่างถึงเหตุการณ์ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ที่พบในชีวิตประจำวันแทน นอกจากนี้ ครูผู้สอนส่วนใหญ่ยังมี

แนวคิดคลาดเคลื่อน โดยมีความเข้าใจว่าเมื่อแหล่งกำหนดเสียงเข้าใกล้ผู้ฟังมากขึ้น จะทำให้ความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริง มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย

## 2. ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

เมื่อพิจารณาถึงขอบเขตเนื้อหา ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ตามที่หลักสูตรกำหนดไว้ มีครูผู้สอนที่เห็นด้วย (ร้อยละ 55.56) ครูผู้สอนที่ไม่เห็นด้วย (ร้อยละ 22.22) และครูผู้สอนที่ไม่เคยศึกษาถึงขอบเขตเนื้อหาปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ตามที่หลักสูตรกำหนด (ร้อยละ 22.22) เนื่องจากทางโรงเรียนได้ใช้หลักสูตรที่สร้างขึ้นเอง โดยครูผู้สอนที่เห็นด้วยมีความคิดเห็นว่า เนื้อหาที่ให้เรียนนั้น มีความพอดีแล้ว ไม่มากเกินไป ไม่น้อยเกินไป และเป็นเรื่องสำคัญที่นักเรียนควรจะได้เรียนรู้ ส่วนครูผู้สอนที่ไม่เห็นด้วย จะมีความคิดเห็นว่า เนื้อหาที่ให้เรียนนั้นยังขาดการลงลึก ในรายละเอียด อีกทั้งแบบฝึกหัดที่ให้ทำ มีความแตกต่างกันมากเกินไป บางข้อง่ายมาก และบางข้อยากมาก แต่อย่างไรก็ตามครูผู้สอนทุกท่าน ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และมีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ทุกครั้งที่มีการจัดการเรียนรู้ โดยจะเน้นการบรรยาย อภิปราย ถาม – ตอบ เพื่อให้ นักเรียนได้ช่วยกันคิด แต่อาจจะไม่ได้ปฏิบัติตามวัตถุประสงค์หรือแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด เนื่องจากทางโรงเรียนมีกิจกรรมต่าง ๆ มากมาย ทำให้ไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ได้ทั้งหมด ในส่วนของความคิดเห็นครูผู้สอนที่มีต่อเนื้อหา ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง พบว่า ปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์ของเสียง ไม่ใช่เรื่องที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ถ้าหากมีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพื้นฐานมาก่อนแต่มีความคิดเห็นว่า ที่นักเรียนไม่ค่อยเข้าใจเนื้อหา ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง เป็นเพราะไม่สามารถจินตนาการถึงสภาพความเป็นจริงปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงได้ จะต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันข้อมูลถึงความถี่ของเสียงที่มีการได้ยินผิดไปจากความเป็นจริง

## 3. ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้

สื่อการจัดการเรียนรู้ ที่ครูผู้สอนใช้ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 88.89) จะเป็นเอกสารประกอบการสอน ใบความรู้ ใบงาน Power Point และภาพเคลื่อนไหว ซึ่งครูผู้สอนใช้การสืบค้นข้อมูล จาก Google Youtube และ Facebook ทั้งนี้มีครูผู้สอนบางส่วนประสบปัญหาในการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ ประเภทภาพเคลื่อนไหว เนื่องจากทางโรงเรียนไม่พร้อมให้ใช้งานอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์มีจำนวนไม่เพียงพอ แต่อย่างไรก็ตามการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้นั้น สามารถทำให้นักเรียนมีความสนใจ และมีความรู้ความเข้าใจ ในเนื้อหา เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงได้มากขึ้น

#### 4. ด้านการวัด และประเมินผล

ครูผู้สอนจะทำการวัด และประเมินผลของนักเรียน โดยการ Quiz ทำคาบเรียน การสอบกลางภาค และการสอบปลายภาค ในรูปแบบของข้อสอบปรนัย ที่เน้นการคำนวณเป็นส่วนใหญ่ โดยจะมีการนำผลการวัด และประเมินผล ไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนถัดไป ซึ่งปัญหาที่พบมากในการวัด และประเมินผล คือ นักเรียนบางส่วนไม่สามารถทำข้อสอบได้ ทั้งนี้ครูผู้สอนจะให้นักเรียนทำการสอบแก้ตัวต่อไป

จากการศึกษาวิจัยข้างต้นทำให้สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ในปัจจุบันขาดสื่อการจัดการเรียนรู้ ที่จะสามารถสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องให้กับนักเรียนได้ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

#### 1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ นับเป็นประเด็นหนึ่งในหลาย ๆ ประเด็นของการพัฒนาองค์รวมของการศึกษาไทยที่ถูกนำมากล่าวถึง เพราะการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ของไทยจำเป็นต้องก้าวหน้าให้ทันต่อการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ของโลก (ยุพา วีระไวทยะ, 2539, น. 15) ทั้งนี้เพราะว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นับเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ส่งเสริมให้ประเทศชาติพึ่งพาตนเองได้ (อรุณ สถานุพงษ์, 2535, น. 10, (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, น. 7) การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ได้ผลนั้น การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษามีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ต่อการสร้างทัศนคติและความสามารถให้แก่เยาวชนไทยที่จะก้าวหน้าต่อไปสู่อุดมศึกษาและสู่อาชีพวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ต่าง ๆ มากมาย เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ เภสัชกร วิศวกร สถาปนิก นักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น (มนตรี จุฬารัตน, 2539, น. 236; Portoles & Lopez, 2008, p. 106; Erdemir, 2009, p. 3)

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรเป็นการสอนที่ให้นักเรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชาควบคู่กับกระบวนการในการแสวงหาความรู้ โดยครูมีบทบาทเพียงเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เอื้อให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมมากที่สุด เพื่อเปิดโอกาสให้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ทั้งนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551, น. 5 - 7) ได้เน้นให้ใช้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลายแบบผสมผสานกันไป และเพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ซึ่งมีวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังนี้

## 1. การใช้คำถาม

เนื่องจากจุดมุ่งหมายของหลักสูตรนอกจากจะมุ่งหวังให้นักเรียนจดจำเนื้อหาที่เป็นความรู้ พื้นฐานทางฟิสิกส์ได้แล้ว ยังต้องการให้นักเรียนสามารถอธิบายเปรียบเทียบ วิเคราะห์ ความสัมพันธ์ คาคะเนผลสรุป ฯลฯ ได้อีกด้วย ในการฝึกให้มีความสามารถดังกล่าว หรือที่เรียกว่า ให้คิดเป็นนั้นครู ต้องให้โอกาสนักเรียนได้ฝึกคิด โดยครูเป็นผู้บั่นคำถามต่าง ๆ คอยช่วยกระตุ้นให้กำลังใจ และชี้แนะแนวทางในการตอบปัญหาให้เป็นไปตามขั้นตอนของ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ครูควรเตรียมตั้งคำถามสำหรับแต่ละตอนของบทเรียนล่วงหน้า โดยคำนึงถึง พื้นฐานประสบการณ์ เดิมของนักเรียนเป็นสำคัญ ถ้าครูมานึกคำถามอย่างเร่งรีบระหว่างการสอน อาจทำให้ได้คำถามที่ไม่เหมาะสม เช่น ยากเกินไป ง่ายเกินไป หรือมีลักษณะไม่ยั่วยู่ให้นักเรียน สนใจคิดหาคำตอบ ครูผู้สอนจะต้องอดทนในการรอคอยคำตอบขณะที่นักเรียนกำลังคิดและ พึงระลึกไว้เสมอว่าปฏิริยาของครูที่มีต่อคำตอบของนักเรียนจะมีส่วนอย่างมากในการเสริมสร้าง หรือทำลายความกระตือรือร้นที่จะตอบปัญหาของนักเรียน

ถ้าครูใช้คำถามบ่อย ๆ และพยายามศึกษาปรับปรุงการใช้คำถามอยู่เสมอ จะมีผลให้คำถามของครูมีคุณค่าต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น และบรรยากาศของ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จะมีชีวิตชีวาไม่น่าเบื่อทั้งสำหรับครูและนักเรียน

## 2. การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต

การสอนวิชาฟิสิกส์บางตอนอาจเริ่มด้วยการให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมหรือ การทดลอง และสังเกตผลการทดลองตามขั้นตอนต่าง ๆ แล้วครูใช้คำถามเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของ การทดลองนั้น ๆ แทนที่ครูจะเล่าการทดลองและบอกผลสรุปโดยตรง ซึ่งใช้เวลาในการสอนน้อยกว่าวิธีแรกมาก แต่วิธีสอนแบบบอกผลสรุปโดยตรง นักเรียนจะไม่มีโอกาสได้ฝึกการสังเกต ฝึกบันทึกข้อมูล ไม่มีโอกาสได้หยิบจับอุปกรณ์ทำการทดลอง ซึ่งเป็นประสบการณ์ส่วนหนึ่งที่ เสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ การฝึกให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูล นัยหนึ่งก็คือ การสรุปอย่างมีเหตุมีผลนั่นเอง ก็เป็นการปลูกฝัง เจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ นักเรียนทางหนึ่ง

ผลที่ได้จากการทดลองของนักเรียนอีกประการหนึ่งก็คือ จากการพบปัญหา ในการทดลองและ หาวิธีแก้ปัญหาเหล่านั้นเพื่อให้การทดลองสัมฤทธิ์ผล นักเรียนจะได้เรียนรู้ แนวการคิดแก้ปัญหาที่สอดคล้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติ มิใช่ด้วย

การท่องจำขั้นตอนเป็นข้อ ๆ ดังนั้นนักเรียนจะมีความมั่นใจในการนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้โดยตรงไปใช้แก้ปัญหาที่ประสบ ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

## 2.1 การตรวจสอบการทดลอง

ครูควรทำการทดลองทุกการทดลองก่อน เพื่อตรวจสอบว่ามีข้อบกพร่องหรือปัญหา ในเรื่องใดบ้าง และผลที่ได้เป็นอย่างไร อันจะทำให้ครูมีความมั่นใจในการดำเนินการสอนในชั้นเรียน ยิ่งไปกว่านั้น ยังจะได้ทราบด้วยว่าแต่ละการทดลองมีอะไรบ้างที่ต้องเตรียมไว้ล่วงหน้าจะได้จัดไว้ให้เรียบร้อย

ก่อนถึงเวลาสอน

## 2.2 การแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อทำการทดลอง

ในการทดลองให้แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน ใช้เครื่องมือกลุ่มละ

1 ชุดครูควรแนะนำให้นักเรียนรู้จักการใช้เครื่องมือต่าง ๆ อย่างถูกต้องและปลอดภัย ก่อนทำการทดลอง ควรย้ำถึงความเป็นระเบียบและความรับผิดชอบต่อเครื่องมือที่นำไปใช้ด้วย ในบางการทดลอง ครูอาจให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งกันทำกลุ่มละตอน แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันเพื่อประหยัดเวลาก็ได้

## 2.3 การรายงานผลการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนรายงานผลการทดลอง ครูควรตรวจรายงานของนักเรียน แล้วนำสิ่งที่ยังบกพร่องมาชี้แจงในชั้นให้เข้าใจทั่วกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งควรเน้น ความซื่อสัตย์ในการทดลอง การบันทึกผล การสรุปผล และการอภิปรายผล มากกว่าการเน้น ความถูกต้องของผลการทดลอง เพื่อปลูกฝังความเข้าใจและการยอมรับในขอบเขตและขีดจำกัดของการทดลองทางวิทยาศาสตร์

ครูอาจใช้การสาธิตเพื่อจูงใจนักเรียนให้เกิดความสนใจใคร่รู้ในเนื้อหาที่จะดำเนินการสอนต่อไปโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้น อันจะมีผลให้นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนมีชีวิตชีวา ไม่น่าเบื่อหน่าย ในบางการทดลองซึ่งนักเรียนไม่มีโอกาสได้ทดลองด้วยตัวเองครูควรทำการสาธิตการทดลองนั้น ๆ ให้นักเรียนดู แต่ครูจะต้องระลึกไว้เสมอว่า การสาธิตไม่อาจทดแทนการทดลองของนักเรียนได้ และครูควรให้นักเรียนได้ทำการทดลองด้วย

ตัวนักเรียนเองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

## 3. การอภิปราย

การสอนวิชาฟิสิกส์ที่มุ่งปลูกฝังให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ยอมรับฟังความคิดเห็นของ ผู้อื่นอย่างมีเหตุผล กล้าแสดงความคิดเห็น ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ ซึ่งจัดว่าเป็นการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น ครูควรดำเนินการสอนโดยให้เด็กได้มีโอกาสอภิปรายร่วมกัน

โดยครูเป็นผู้คอยแนะนำและควบคุมมิให้ออกนอกทาง การสอนเช่นนี้จะมีส่วนสร้างเสริมเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวโดยตรง

ครูอาจใช้การอภิปรายเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาที่ต้องการจะสอนต่อไป หรือ อภิปรายเพื่อนำไปสู่การ สังเกต การทดลอง และที่สำคัญที่สุดก็คือ ใช้การอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง อย่างไรก็ดี ครูต้องคำนึงถึงเวลาที่มีอยู่ด้วย โดยพยายามจัดแบ่งเวลาและควบคุมการอภิปรายให้อยู่ในขอบเขตของเวลาที่ กำหนดให้

#### 4. เวลาในการสอน

ช่วงเวลาที่กำหนดไว้ของบทเรียน รวมทั้งช่วงเวลาที่ระบุในแต่ละการทดลอง ครูผู้สอนอาจปรับยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม เพราะตามที่เสนอแนะไว้เป็นการประมาณช่วงเวลาสำหรับกรณีไม่มี กิจกรรมพิเศษหรือปัญหาอื่น ๆ ที่ทำให้เวลาในการสอนบทเรียน ต้องลดน้อยลง

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาสรุปได้ว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีหลายวิธีที่เหมาะสมสามารถเลือกใช้ตามความถนัดของผู้สอน และความสามารถของนักเรียนตลอดจนความสอดคล้องกับเนื้อหาและควรนำวิธีสอนแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ ร่วมกัน เพื่อให้บรรลุ ผลตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงควรมุ่งเน้นให้ นักเรียนได้เป็นนักเรียนและคนพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือ ให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพจะต้องเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนอื่นนำไปสู่ความเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนจะต้องสามารถนำความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ไปอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ หรือแก้ไขปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวันได้ (Dykstra et al., 1992) กล่าวคือ จะต้องเน้นทั้งตัวความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการที่จะให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ โดยจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและอยู่ในเกณฑ์ดี เพราะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถพยากรณ์ถึงความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาประเทศในอนาคต

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในแนวคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น ครูจะต้องอาศัยวิธีการถ่ายทอดความรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนและมีเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม มีการใช้สื่อการเรียนรู้ ที่เหมาะสม เพื่อที่จะให้นักเรียนเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาทางฟิสิกส์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ซึ่งการแก้โจทย์ปัญหาก็เป็นทักษะระดับสูงต้องอาศัยความรู้

ความเข้าใจในแนวคิด ตลอดจนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายอย่างเข้าด้วยกัน ดังที่ สมทรง สุวพานิช (2539, น. 74) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้แก่นักเรียนมีทักษะในการแก้ไขโจทย์ปัญหาว่า ทำได้โดยการเรียนรู้จากอุปกรณ์จริง การฝึกฝน การให้กระทำซ้ำ ๆ เป็นขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2551) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอนที่ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพนักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า การจัดการเรียนการสอนของครูส่วนใหญ่เน้นการบรรยาย และยังใช้สื่อหรือนวัตกรรมน้อย กิจกรรมไม่ได้ฝึกฝนให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายหรือข้อมูลที่มาจากการประสบการณ์จริง

## 2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

### 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จากบทความ และงานวิจัยต่างๆ พบว่า นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ซึ่งมีความหมายดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าความรู้ หรือสร้างความรู้ ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ครูจะต้องสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ ที่กระตุ้นนักเรียน ชวนให้นักเรียนได้คิด และลงมือปฏิบัติ (BSCS, 2006; Good, 1973, p. 303; Sund, & Trowbridge, 1976, pp. 53 – 55; ภาพ เลขาไพบูลย์, 2542, p. 123; จิรพันธ์ ทัศนศรี, 2548, น. 24; มนมนัส สุดสิ้น, 2543, น. 39; อุดมลักษณ์ นกฟุ้งฟูม, 2545, น. 49; สมจิต สวชนไพบูลย์, 2535, น. 138; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545, น. 56; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, น. 16; วิธนา ประชานุกุล และ ประสาท เนืองเฉลิม, 2554, น. 228; ประสาท เนืองเฉลิม, 2558, น. 134 – 136; ทิศนา ขัมมณี, 2559, น. 141)

โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ได้ระบุไว้ในสภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 2000) มี 5 ลักษณะเฉพาะ ที่เรียกว่า 5 features of inquiry ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในคำถามทางวิทยาศาสตร์ (คำถามที่สำรวจตรวจสอบได้)
2. นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน
4. นักเรียนเชื่อมต่อกับคำอธิบายเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. นักเรียนสื่อสารและประเมินคำอธิบาย

การศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ผู้วิจัยเกิดความรู้ความเข้าใจ และได้แนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะต้องเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าความรู้ หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

## 2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีรากฐานมาจากจิตวิทยาในเรื่องการพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งมีมุมมองเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเด็กว่าเป็นกระบวนการทางความคิดหรือกระบวนการทางสมอง ซึ่งเกิดขึ้นภายใต้ตัวบุคคลในช่วงของการเรียนรู้ ทั้งนี้เด็กสามารถสร้างความรู้ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์อย่างกระตือรือร้นกับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว และพยายามสร้างความเข้าใจกับประสบการณ์ที่ได้รับนั้น (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2545; Crowl et al., 1997; McInerney, 2002)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้ถูกเสนอขึ้นโดยในปี ค.ศ. 1962 โดย Schwab นักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้เสนอแนวคิดว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรเป็นแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งนักเรียนถูกกำหนดบทบาทให้เป็นผู้ค้นหาความรู้เองและนำความรู้มาแก้ปัญหาเพื่อตอบสนองความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่ว่าเด็กสามารถสร้างความรู้ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์อย่างกระตือรือร้นกับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว (ภพ เลหาไพบุลย์, 2540, น. 119; สุวิทย์ คำมูล, 2546, น. 136; ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2548, น. 137)

การสอบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเริ่มแรกโดย Karplus (1977, p. 174) กำหนดไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสำรวจ (Exploration) 2) การเกิดความคิด (Concept Introduction) และ 3) ระยะการค้นพบ (Discovery) ต่อมาได้มีกลุ่มนักศึกษาค้นพบการสอบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้น (Barman, 1989, p. 28) ดังนี้ 1) การสำรวจ (Exploration) 2) การอธิบาย (Concept Introduction) และ 3) ระยะการค้นพบ (Discovery) และในปี ค.ศ. 1992 นักศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสร้างความสนใจ (Engagement) 2) การสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) การขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) การประเมิน (Evaluation) (นันทิยา บุญเคลือบ, 2540, น. 13) โดยวัฏจักรการเรียนรู้แต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

วัฏจักรการเรียนรู้ รูปแบบ 3 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้ (Australian Science Education Project, 1974, p. 81; Windschiti & Buttemer, 2000, p. 10; Carin & Sund, 1975, p. 98 – 99; ผดุงยศ ดวงมาลา, 2531, น. 124 – 125; สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, น. 561 – 563; บุญนำ อินทนนท์, 2551, น. 49)

1. การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre – Lab Discussion) ขั้นการสำรวจ หรือ ขั้นเผชิญปัญหา ขั้นตอนนี้ครูจะต้องใช้คำถามหรือจัดสถานการณ์ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากรูเห็น หรือเป็นการแนะแนวทาง การออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

2. การปฏิบัติทดลอง (Experiment Period) ขั้นการเกิดความคิด หรือ ขั้นคิดค้น สืบเสาะ ขั้นตอนนี้เป็นกิจกรรมหลักของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง ภายหลังจากการอภิปรายก่อนการทดลอง โดยครูจะทำหน้าที่เป็นผู้คอยสนับสนุน เป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียน เพื่อนำไปสู่แนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องของบทเรียนนั้น อย่างใกล้ชิด

3. การอภิปรายหลังการทดลอง (Post – Lab Discussion) ขั้นระดมค้นพบ หรือ ขั้นสรุปความคิดที่ค้นพบใหม่ ขั้นตอนนี้ครูจะต้องใช้คำถามช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล หรือ ผลการทดลอง เพื่อสรุปผลการทดลอง เป็นการนำไปสู่แนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องของบทเรียนนั้น รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทดลองได้

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตามขั้นตอนข้างต้นไม่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน การจัดการเรียนรู้ที่เป็นนิยมในปัจจุบัน คือ การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งมีขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมา ได้แก่ ขั้นตอนการขยายความรู้ และขั้นตอนการประเมิน โดยขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความรู้ที่กว้างขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ หรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 32 – 34) ได้มีการเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 5 ขั้นตอน (ทพวงมหาวิทยาลัย, 2525, น. 6 – 12; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2557, น. 78 – 79; ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, น. 64 -65; นันทิยา บุญเคลือบ, 2540, น. 11 – 15; Joyce, & Wei, 1986, p. 50; Margus, 2015, pp. 51- 55) ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) นำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจจะเกิดจากความสนใจของนักเรียน หรือการอภิปรายกลุ่ม หรือเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้น ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ต้องการศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่ต้องการศึกษา ครูอาจจะให้ศึกษา จากสื่อต่าง ๆ หรือสร้างสถานการณ์กระตุ้นประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับ ประเด็นที่ต้องการศึกษา

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถาม ที่สนใจจะศึกษาอย่างทอ้งแท้แล้ว การวางแผนกำหนดแนวทางสำรวจตรวจสอบ การตั้งสมมติฐาน เพื่อลงมือปฏิบัติและเก็บข้อมูล มีวิธีการดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การทดลอง การทำกิจกรรม ภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ (Simulation) การศึกษาข้อมูล จากเอกสารอ้างอิง หรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เพียงพอในการนำไปใช้ขั้นต่อไป

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบแล้วมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สรุป สร้างตาราง สร้างแบบจำลอง โดยการค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุน สมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือโต้แย้งสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งผลจะเป็นแบบใดก็สามารถช่วยให้เกิดการเรียนรู้ ได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิด ที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความรู้ที่กว้างขึ้น

5. การประเมิน (Evaluation) ประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนได้ความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากนั้นจะนำไปสู่การนำความรู้ ไปประยุกต์ใช้

แต่อย่างไรก็ตาม ประสาท เนืองเฉลิม (2558, น. 148 – 150) ได้ขยายกรอบแนวคิด จากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เป็น 7 ขั้นตอน เพื่อมุ่งเน้น การถ่ายโอนความรู้ และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งขั้นตอน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. การตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) ครูทำหน้าที่ตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม โดยคำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้ นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ที่ตนเองมี ทำให้ครูสามารถทราบถึงพื้นฐานของนักเรียน แต่ละคนได้เพื่อวางแผนให้การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับนักเรียนต่อไป

2. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการเร้าให้นักเรียนให้เข้าสู่เนื้อหา ในบทเรียนหรือเรื่องที่ น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสนใจของนักเรียน หรือการอภิปราย ภายในกลุ่ม หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม ครูทำหน้าที่กระตุ้นนักเรียนให้คิด โดยไม่บังคับ นักเรียนให้ยอมรับ ในกรณีที่ยังไม่ประเด็นที่น่าสนใจ อาจจะให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต

3. การสำรวจค้นหา (Exploration) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจประเด็นหรือ คำถามที่จะศึกษาแล้ว จะต้องทำการวางแผนร่วมกัน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้ครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบ ปัญหาและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. การอธิบาย (Explanation) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว จะต้องนำข้อมูลมา ทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ รูปภาพ แผนภาพ กราฟ เพื่อประกอบการอธิบาย และอภิปรายผลการทดลอง โดยในขั้นนี้นักเรียนจะได้ สร้างองค์ความรู้ขึ้นมาใหม่

5. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับ ความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือ เหตุการณ์อื่น ๆ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความรู้ที่กว้างขึ้น โดยครูจะมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้ นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปราย และแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบนักเรียนว่า เรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากหรือน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้ นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ โดยครูจะต้อง ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างองค์ความรู้ใหม่

7. การนำความรู้ไปใช้ (Extention) ครูจะต้องจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้ นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้ นักเรียนนำความรู้ไปเชื่อมโยง เพื่อสร้างความรู้ใหม่

จากการศึกษาข้อมูล พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน นั้น มีลักษณะเน้นให้นักเรียนสามารถค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้อย่างชัดเจน และนอกจากนี้การศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ (รุ่งนภา เอียงอุบล, 2555; ภาธร พงศ์ไพจิตร, 2556; นรา เขียวละลิม, 2556)

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่เน้นให้นักเรียนสามารถค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้อย่างชัดเจน อีกทั้งเป็นรูปแบบที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนะนำในเอกสารหลักสูตร จึงทำให้ครูมีความคุ้นเคย ซึ่งกระบวนการนี้ จะสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้สูงขึ้นได้

## 2.3 บทบาทนักเรียนและบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

### 2.3.1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับครู ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้ (ลัดดาวัลย์ กัณหาสุวรรณ, 2546, น. 9 – 10; วีระชาติ สอนไพรินทร์, 2531, น. 40 – 41; ชุตินา วัฒนะศิริ, 2540, น. 162; บุญนำ อินทนนท์, 2551, น. 51)

1. ครูต้องรู้จักใช้คำถาม สร้างสถานการณ์ชักชวนให้นักเรียนสืบสวน สืบค้น ตั้งคำถามและหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง
2. ครูจะต้องไม่บอกคำตอบนักเรียน และจะต้องช่วยขัดเกลาความคิด เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่นำไปสู่ความจริงทางวิทยาศาสตร์
3. ครูจะต้องสร้างแรงจูงใจ ให้นักเรียนมีกำลังใจในการเรียนรู้
4. ครูจะต้องเข้าใจธรรมชาติของนักเรียนแต่ละคน แต่ละวัย ในบางครั้งนักเรียนแต่ละคนแม้อายุเท่ากัน แต่อาจมีความคิดที่แตกต่างกัน และแตกต่างจากผู้ใหญ่ การจัดการเรียนรู้จะต้องช่วยพัฒนาความคิดของนักเรียน
5. ครูจะต้องพิจารณาคำถาม คำตอบ ของนักเรียนทุกครั้ง และช่วยปรับปรุงคำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
6. ครูจะต้องจัดบรรยากาศชั้นเรียน ให้นักเรียนมีอิสระทางความคิด และควบคุมความคิดไม่ให้ออกนอกกลุ่มทาง ใช้เทคนิคส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแก้ปัญหา

7. ครูจะต้องนำข้อผิดพลาดมาแก้ไข เพื่อใช้เป็นโอกาสในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

8. ครูจะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ให้กับนักเรียน

### 2.3.2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552, น. 16) ได้กล่าวถึง บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้อย่างชัดเจนว่า ในบทเรียนต้องการให้นักเรียนค้นพบคำตอบและสรุปได้ด้วยตนเอง หมายความว่า นักเรียนมีส่วนร่วมในการค้นหาความรู้อย่างมาก ความรู้มีใช้มาจากครูทั้งหมด นักเรียนเป็นผู้สังเกต ทดลอง บันทึกข้อมูล และในที่สุดก็เป็นผู้สรุปความรู้ นักเรียนได้ค้นพบความรู้โดยผ่านกระบวนการทักษะทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยมีข้อสรุปดังนี้ (พันธ์ ทองชุมนุช, 2544, น. 56; สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, น. 560 – 563; อรุณา กาญจน์, 2549, น. 18)

1. นักเรียนจะต้องสำรวจอุปกรณ์ และใช้ในการดำเนินการทดลอง
2. นักเรียนจะต้องสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และรายงานผลการสังเกตที่เกิดขึ้น
3. นักเรียนจะต้องสืบเสาะหาหลักการจากสมมติฐาน จากข้อมูลการทดลอง และซักถามทันทีเมื่อสงสัย อย่างมีเหตุผล
4. นักเรียนจะต้องให้ข้อเสนอแนะการทดลอง
5. นักเรียนจะต้องอภิปรายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น

### 2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ได้อธิบายไว้ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542, น. 156 – 157; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2545, น. 60; Joyce, & Weil, 1986, p. 67; เต็มดวง ทบศรี, 2561, น. 33; บุญนำ อินทนนท์, 2551, น. 53)

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

1. นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความอยากรู้ อยากเห็นตลอดเวลา มากกว่าการเรียนรู้แบบท่องจำ
2. นักเรียนได้ฝึกการจัดระบบความคิด การแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้มีความรู้ เกิดความคงทน และสามารถนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการจัดการเรียนรู้ที่มีชีวิตชีวา
4. นักเรียนสามารถเรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วยิ่งขึ้น
5. นักเรียนจะเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

1. นักเรียนจะต้องใช้เวลามากในการเรียนรู้แต่ละครั้ง
2. นักเรียนจะไม่สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และเกิดความเบื่อ  
ถ้าสถานการณ์ที่กำหนดไม่น่าสงสัยหรือแปลกใจ
3. นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ถ้าบทเรียนนั้น  
มีความซับซ้อนเกินไป
4. นักเรียนที่มีวุฒิภาวะไม่พร้อม จะขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา ทำให้  
ไม่สามารถประสบความสำเร็จได้
5. นักเรียนจะมีความสนใจลดลง ถ้าใช้การจัดการเรียนรู้แบบนี้อยู่เสมอ

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปแล้ว พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีข้อดี คือ นักเรียนได้เป็นผู้ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ได้ฝึกกระบวนการทางความคิด การแก้ไขปัญหา รวมถึงการเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูจะต้องกำหนดสถานการณ์ที่มีความน่าสนใจให้แก่ นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการหาคำตอบ

### 3. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ในปี พ.ศ. 2551 กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี ตัวชี้วัดช่วงชั้น และสาระการเรียนรู้แกนกลาง ให้สถานศึกษาและท้องถิ่น นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดทำหลักสูตร โดยสาระเทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร เป็นสาระที่ 3 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นให้ผู้เรียนนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถค้นหาข้อมูลและสร้างชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีจริยธรรม และมีความรู้พื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมเพื่อการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเริ่มเข้ามามีบทบาทกับการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวันมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาประเทศให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) แต่ในปัจจุบันหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) การคิดเชิงคำนวณได้ถูกกำหนดอยู่ในสาระเทคโนโลยี ซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากให้เกิดการบูรณาการกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อนำความรู้บูรณาการไปสู่การแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

### 3.1 ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

การคิดเชิงตรรกะคำนวณ การคิดเชิงประมวลผล ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ หรือการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) มีนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ได้ให้ความหมายไว้อย่างสอดคล้องกัน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้ คำว่า การคิดเชิงคำนวณ

การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง การบวนการแก้ปัญหา สถานการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกิดจากการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่จำนวน มาก (Wing, 2006; Cuny, 2010; Liu, & Wang, 2010; Jacksom, 2012; Alfred, 2013; สุ เดชะรินทร์, 2556; กฤษณพงศ์ กีรติกร, 2558) ผสมผสานกับองค์ความรู้เดิมเพื่อสร้างเป็น องค์ความรู้ใหม่ Bower et al., 2017; Ibrahim, et al., 2018; Lockwood, & Mooney, 2018) ทั้งนี้ไม่ใช่เพียงแค่การเขียนโปรแกรม เพราะภาษาโปรแกรมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่จุดประสงค์ที่สำคัญกว่าคือการสอนให้เด็กคิดและเชื่อมโยงปัญหาต่าง ๆ เป็นจนสามารถ แก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบนั่นเอง(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

การศึกษาความหมายของการคิดเชิงคำนวณ จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้วิจัยเกิดความรู้ความเข้าใจ และได้แนวคิดในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิด เชิงคำนวณ โดยจะต้องเน้นการสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้ทำการฝึกคิดอย่างเป็นระบบ ในการแก้ไขปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้

### 3.2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

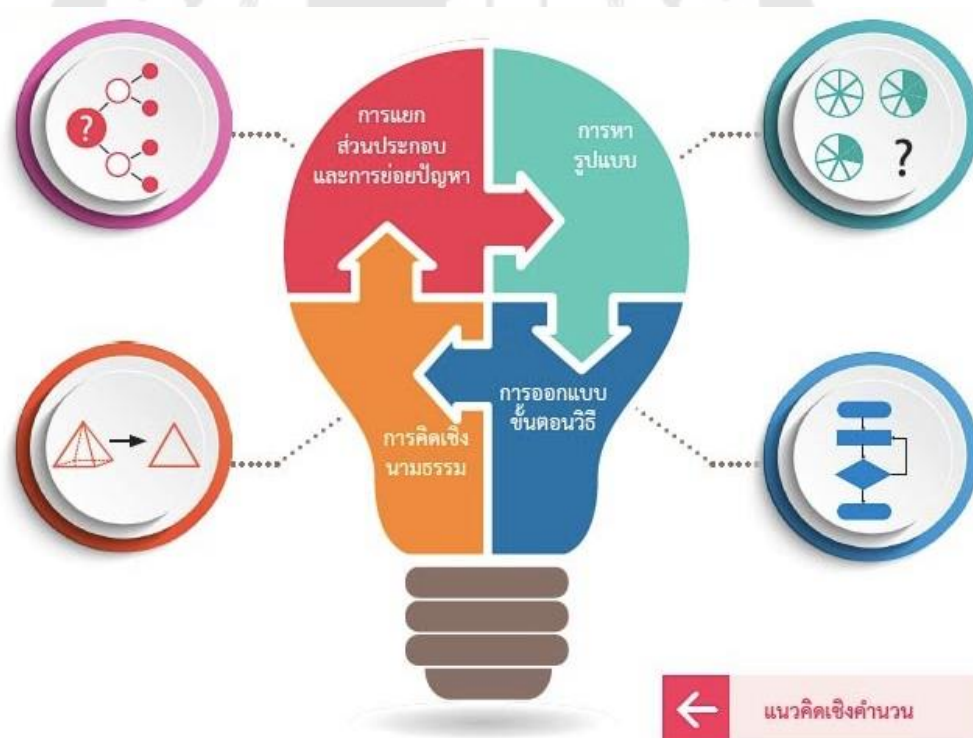
องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ได้นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ได้อธิบายไว้อย่างสอดคล้องกัน ตามขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงคำนวณ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้(Zhang, & Yang, 2013; Easterbrook, 2014; Ornduff, 2012; CSTA, 2011; Stephenson, 2011)

1. การกำหนดปัญหา และหาแนวทางในการใช้เครื่องมือช่วยแก้ไขปัญหา
2. กำหนดรูปแบบ แนวทางการแก้ไขปัญหาในรูปแบบนามธรรม เช่น แบบจำลอง
3. การวิเคราะห์ปัญหา โดยการใช้ตรรกะ
4. การแก้ไขปัญหา โดยผ่านกระบวนการคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน
5. การสรุป และถ่ายทอดกระบวนการแก้ไขปัญหา

แต่อย่างไรก็ตามได้มีนักวิชาการและนักการศึกษา ที่กล่าวถึงองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณที่แตกต่างออกไป เช่น Wallace and Zhang (2010) กล่าวถึงคุณลักษณะการคิดเชิงคำนวณ เพื่อเป็นข้อสังเกตในการปฏิบัติ ดังนี้

1. การใช้กระบวนการวิเคราะห์ เพื่อแก้ไขปัญหา
2. การใช้ตรรกะ คณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหาแบบนามธรรม
3. การประยุกต์ลำดับขั้นตอนและเหตุในการแก้ปัญหา
4. กระบวนการใช้ตรรกะและเทคโนโลยีการคำนวณ
5. การจำลองและการแก้ปัญหาคำนวณ
6. การคิดให้สามารถนำมาใช้ซ้ำได้อีก

ทั้งนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กล่าวถึงการคิดเชิงคำนวณ เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาซอฟต์แวร์ และนอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหาในชีวิตประจำวันได้ด้วย โดยการคิดเชิงคำนวณมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

1. การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหา/งานย่อย (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหา/งาน/ส่วนประกอบ ออกเป็นส่วนย่อย เพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น การพิจารณารูปแบบของปัญหาหรือ

2. วิธีการแก้ปัญห (Pattern Recognition) การพิจารณารูปแบบ แนวโน้ม และลักษณะทั่วไปของปัญหา/ข้อมูล โดยพิจารณาว่า เคยพบปัญหาลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ หากมีรูปแบบของปัญหาที่คล้ายกันสามารถนำ วิธีการแก้ปัญหานั้นมาประยุกต์ใช้ และพิจารณารูปแบบปัญหาย่อยซึ่งอยู่ภายใน ปัญหาเดียวกัน ว่ามีส่วนใดที่เหมือนกัน เพื่อใช้วิธีการแก้ปัญหานั้นได้ ทำให้ จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น และการทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

3. การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียด ที่สำคัญของปัญหา แยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4. การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms) ขั้นตอนในการแก้ปัญหหรือการทำงาน โดยมีลำดับของคำสั่งหรือวิธีการที่ชัดเจนที่คอมพิวเตอร์สามารถปฏิบัติตามได้

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ แบบ 4 ขั้นตอน ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้แก่ การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็น ปัญหา/งานย่อย (Decomposition) วิธีการแก้ปัญห (Pattern recognition) การพิจารณา สาระสำคัญของปัญหา (Abstraction) และการออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms) เนื่องจากเป็น องค์ประกอบที่เน้นการคิดเพื่อกระบวนการการแก้ไขปัญหาย่อยอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

### 3.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

การคิดเชิงคำนวณ เป็นการคิดที่เน้นพัฒนากระบวนการคิด ทักษะการแก้ปัญหา และ นำความรู้ด้านวิทยาการคำนวณ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปใช้แก้ปัญหา มากกว่า เรียนรู้เพื่อเป็นผู้ใช้งาน การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง ดังนี้ สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560)

#### 1. ความต่อเนื่องในการเรียนรู้ (Progression)

การออกแบบการจัดการเรียนรู้ ต้องพิจารณาถึงการจัดหลักสูตรในภาพรวม ตลอดระยะเวลาที่ผู้เรียนอยู่ในหลักสูตรของแต่ละสถานศึกษา รวมถึงรอยต่อระหว่าง การ เปลี่ยน ระดับการศึกษา ซึ่งแต่ละสถานศึกษาอาจกำหนดสาระการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ทำให้ผู้เรียน มีพื้นฐานที่ต่างกัน สถานศึกษาจึงควรจัดกิจกรรมปรับพื้นฐานให้แก่ผู้เรียน

ในแต่ละชั้นปี การเลือกเนื้อหาหรือกิจกรรมควรกำหนดให้สอดคล้องกับ ปัญหา โจทย์กิจกรรมในวิชาอื่นที่ผู้เรียนกำลังศึกษา หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพ จะช่วย ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของความรู้ชัดเจนขึ้น

## 2. การออกแบบการจัดการเรียนรู้ (Scheme of Work)

แนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การออกแบบจากบนลงล่าง (Top Down) เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ โดยเริ่มจาก มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จากนั้นจึงออกแบบ แผนการจัดการเรียนรู้

การออกแบบจากล่างขึ้นบน (Bottom Up) เป็นการออกแบบการจัดการ เรียนรู้ โดยเริ่มจากหน่วยการเรียนรู้หรือโครงงาน โดยกำหนดธีมสำหรับแต่ละระดับชั้น จากนั้น พิจารณาถึงตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องที่ผู้เรียนจะต้องนำมาใช้ ในการทำโครงงาน

การออกแบบจากแผนสำเร็จรูป (Off the Shelf) เป็นการนำ แผนการจัดการเรียนรู้ ที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับบริบทในการออกแบบ แผนการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียน

นอกจากนี้อาจใช้การออกแบบ โดยเน้น ผู้เรียน เป็น สำคัญ (Student-centered) การออกแบบโดยใช้คำถาม (Enquiry - Based) โดยให้นักเรียนทำโครงงาน จากหัวข้อที่สนใจ หรือการตั้งคำถามเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม การออกแบบนี้ต้องส่งผล ให้ผู้เรียนบรรลุตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ตามที่กำหนด

3. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment) สถานศึกษาจะต้อง กำหนดการวัดและประเมินผล โดยมีเกณฑ์การประเมินที่ สอดคล้องกับตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้และมี ความชัดเจน

4. เวลาเรียน (Timings) การกำหนดโครงสร้างเวลาในการจัดการเรียนรู้สำหรับ แต่ละชั้นปีให้คำนึงถึง กรอบเวลาที่ระบุไว้สาระนี้ต้องการเวลาในการฝึกทักษะจึงควรกำหนดเวลา ในการฝึกปฏิบัติ ให้เพียงพอ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะ ความรู้และประสบการณ์ถ้าสถานศึกษาได้ ต้องการมุ่งเน้นพัฒนาความรู้และทักษะของผู้เรียนอย่างเข้มข้น สามารถเพิ่มเวลาเรียนได้

การพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ผู้สอนอาจใช้วิธีการต่อไปนี้

#### 1. ส่งเสริมการเรียนรู้แบบเพื่อนสอนเพื่อน

เมื่อผู้เรียนแก้โจทย์ปัญหาหรือทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จก่อนผู้อื่น อาจให้นักเรียน ช่วยอธิบายแลกเปลี่ยนวิธีการหรือนำเสนองานของตนเองให้เพื่อนฟัง

#### 2. ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน

ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสร้างสรรค์ชิ้นงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น งานนำเสนอ เว็บไซต์ที่วิทัศน์โครงงาน ที่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ไม่ตีกรอบปิดกั้นแนวคิดในการสร้างชิ้นงาน

#### 3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเผยแพร่สิ่งที่เรียนรู้

การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผยแพร่สิ่งที่ได้เรียนรู้ให้กับผู้อื่น ผ่านการนำเสนอหน้าชั้นเรียน การเขียนบันทึก การเขียนบล็อก จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและพัฒนารูtdิจิทัลได้ดียิ่งขึ้น และยังส่งเสริมการสร้างจิตสำนึกในการแบ่งปันความรู้ให้แก่ผู้อื่น

#### 4. ให้ผู้เรียนทำงานเดี่ยวและงานกลุ่ม

การกำหนดภาระงานให้แก่ผู้เรียน ควรมีทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่ม การทำงานเดี่ยวเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสฝึกฝนพัฒนาทักษะ สร้างความเข้าใจ และสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง ส่วนการทำงานเป็นกลุ่มจะช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

#### 5. ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

กำหนดให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันตามสภาพแวดล้อมของนักเรียน สิ่งที่น่าสนใจ และอาจต้องใช้ความรู้จากวิชาอื่น เพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา เช่น การทำบัญชีครัวเรือน การเขียนโปรแกรม เกม ทายคำศัพท์ภาษาอังกฤษ การหาเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดในการเดินทางจากบ้านถึงโรงเรียน

### 3.4 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

การวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ได้นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ได้อธิบายไว้อย่างสอดคล้องกัน กล่าวคือ แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ จะให้ความสำคัญกับการลงมือปฏิบัติในการแก้ไขปัญหา ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดต่าง ๆ ได้ดังนี้ (Evidence Centered Design, 2014; Robomind Academy, 2014; College Board, 2013)

1. วัดและประเมินจากการวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ปัญหาเพื่อการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์จำลอง โดยรูปแบบในการประเมินความรู้และทักษะเหล่านี้จะประเมินจากผังความคิด การวางแผน และการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือออกแบบโปรแกรม

2. วัดและประเมินจากการพัฒนาชิ้นงานหรือผลของการลงมือปฏิบัติ นักเรียนจะต้องนำรูปแบบที่ได้ออกมาเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม หรือเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์จากคอมพิวเตอร์ โดยการประเมินจะเป็นไปตามหลักของวิทยาการคอมพิวเตอร์

3. วัดและประเมินผลจากการดำเนินการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องเกิดความรู้ และทักษะ โดยวัดผลที่ได้หลังจากการเรียนรู้

4. วัดและประเมินจากการสื่อสาร นักเรียนจะต้องสามารถอธิบายความหมายของผลลัพธ์ จากสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ หรือสามารถสรุปวัตถุประสงค์ของสิ่งประดิษฐ์ได้ (College Board, 2013)

5. วัดและประเมินจากการทำงานร่วมกับผู้อื่น นักเรียนจะต้องทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ไขปัญหาด้านการเขียนโปรแกรม หรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ (College Board, 2013)

นอกจากนี้ มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน อธิบายการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Soumela and Demetriadis (2014) ทำการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ไขปัญหานั้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการกำหนดสาระสำคัญ (Abstraction) การจับรูปแบบ (Generalization) ออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm) ต้นแบบต่อเนื่อง (Modularity) และการแบ่งปัญหาใหญ่เป็น ปัญหาย่อย (Decomposition) มีความสอดคล้องกับ Kazimoglu (2012) ทำการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ไขปัญหานั้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากกระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving) การสร้างลำดับขั้นตอน (Building Algorithms) การตรวจสอบ (Debugging) การสร้างแบบจำลอง (Simulation) และการมีส่วนร่วม (Socialising)

Lee and Martin (2011) การวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยพิจารณาจากนามธรรม (Abstraction) การประยุกต์ใช้เครื่องมือ (Automation) และการวิเคราะห์ (Analysis)

แต่อย่างไรก็ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวถึง การวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ และจำเป็นต้องจัดการการเรียนรู้ ผลการประเมินแสดงถึงพัฒนาการในการเรียนรู้ ซึ่งการประเมินนักเรียนควรเป็นการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ต้องเลือกใช้ เครื่องมือวัดที่เหมาะสมมีคุณภาพ ดำเนินการด้วยวิธีที่ถูกต้องและหลากหลาย รวมทั้งพิจารณา ถึงความ โดยจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1. การประเมินเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ (Formative Assessment) และ 2. การประเมินเพื่อสรุปผลการเรียนรู้ (Summative Assessment) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ (Formative Assessment) คือการติดตาม ตรวจสอบ การเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างที่ครูจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ได้ข้อมูลไปพัฒนา ผู้เรียนและปรับปรุง วิธีการสอนต่อไป การวัดและประเมินผลเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ทำได้ หลายรูปแบบ ดังนี้

1) การประเมินตนเอง (Self - Assessment) เปิดโอกาสให้นักเรียนตรวจสอบ ความก้าวหน้าของตนเองและประเมินผลเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนด เช่น การเขียนผังความคิด การเขียนผังมโนทัศน์ การเขียนรายงาน การเขียนบล็อก การสร้างวีดิทัศน์การทำแบบประเมินตนเอง

การเขียนบล็อก เป็นการให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่ทำ สิ่งที่ได้เรียนรู้และสิ่งที่ควร ปรับปรุงในการทำงานแต่ละครั้ง ความก้าวหน้าในการเรียนเปรียบเทียบกับ เป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นวิธีคิด พัฒนาการ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น ในระหว่างเรียน

การใช้แบบประเมินตนเอง เพื่อประเมินความรู้และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยมีการกำหนดหัวข้อการประเมิน และเกณฑ์ การให้คะแนนที่ชัดเจน ซึ่งนักเรียน จะใช้ตรวจสอบประเมินทักษะของตนเอง ทำให้รู้จุดเด่นและจุดที่ต้องปรับปรุง ช่วยให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้และมองเห็น แนวทางในการพัฒนาตนเองได้

การเขียนผังมโนทัศน์เป็นการเขียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวน ตรวจสอบ ความเข้าใจในเนื้อหาของแต่ละบทเรียนด้วยตนเอง โดยนำผังมโนทัศน์ที่นักเรียน เขียนขึ้นมาเทียบกับผังมโนทัศน์ที่ครูสร้างไว้

2) การประเมินโดยเพื่อน (Peer - Assessment) เป็นการร่วมกันอภิปราย การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาผลงาน ตนเอง จากความคิดเห็นของผู้อื่น สามารถใช้เครื่องมือออนไลน์ช่วยในการร่วมกันประเมิน เช่น ชุมชนออนไลน์เว็บบล็อก

ตัวอย่างของการประเมินโดยเพื่อน เช่น ให้ผู้เรียนเขียนโปรแกรม Scratch แล้วแบ่งปันผลงานในชุมชนออนไลน์ เปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ทำให้ผู้เรียนได้รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เกิดการเรียนรู้และปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น

3) การใช้คำถาม การพัฒนาทักษะและความเข้าใจในสาระเทคโนโลยี (วิทยาการ คำนวณ) ควรจัดการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์โดยใช้การตั้งคำถามให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ เช่น การใช้คำถาม “เพราะเหตุใด” หรือ “อย่างไร” เพื่อให้ผู้เรียนได้อภิปรายแสดงความคิดเห็น พร้อมทั้งให้เหตุผลอย่างอิสระ ตัวอย่างคำถาม เช่น “เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันของผู้เรียนอย่างไร” “เพราะเหตุใดจึงคิดที่จะสร้างชิ้นงานนี้ และจะ สร้างชิ้นงานนี้อย่างไร” “มีวิธีการอื่นในการแก้ปัญหานี้หรือไม่ และทำอย่างไร”

4) การใช้กลวิธี KWL (Know, Want to Know, Learned) เป็นกลวิธีที่ให้นักเรียน สรุปการคิดเชิงคำนวณด้วยตนเอง โดยใช้คำถามว่า ผู้เรียนรู้อะไร อยากรู้อะไร และได้เรียนรู้อะไรไปแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนประเมินตนเอง และผู้สอนนำข้อสรุปไปเตรียมและปรับปรุงการสอนในบทเรียนต่อไป

2. การประเมินเพื่อสรุปผลการเรียนรู้ (Summative Assessment) คือ การประเมินตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนด้วยการเปรียบเทียบ กับมาตรฐานที่กำหนดไว้ ภายใต้กรอบการประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติเพื่อตัดสินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและอาจใช้เสนอแนะแนวทางการศึกษาต่อ ในการตัดสินผลการเรียน อาจใช้คะแนนสอบร่วมกับผลการประเมินจากเครื่องมืออื่น ๆ เช่น แฟ้มสะสมผลงาน ชิ้นงาน โครงการงาน

1) การประเมินจากแฟ้มสะสมผลงาน (Learning Portfolio) แฟ้มสะสมผลงานเป็นเอกสารที่รวบรวมผลงาน รายงาน ชิ้นงาน ที่เป็นผลผลิตซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ ซึ่งสามารถนำไปประกอบการประเมินตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้ได้

2) การวัดตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบ เป็นการวัดผลนักเรียนด้วยแบบทดสอบ ที่มีลักษณะคำถามปลายเปิดหรือปลายปิด หรือทั้ง 2 แบบ โดยผู้สอนจัดทำแบบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน พร้อมทั้งรวบรวม คะแนน จากนั้นประเมินผลเพื่อตัดสินผลการเรียน

3) การวัดตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้จากโครงการ หรือนวัตกรรมเป็นการวัดผลที่ให้ผู้เรียนพัฒนาชิ้นงานรายบุคคล หรือรายกลุ่ม เพื่อให้ได้ชิ้นงานตาม ความสนใจของตนเอง

ผู้สอนเป็นผู้กำหนดแนวทางและเกณฑ์การวัดและ ประเมินผลโครงการที่ครอบคลุมทุกด้าน รวมทั้งการประเมินพฤติกรรม การทำงาน ซึ่งอาจให้ประเมินด้วยตนเอง เพื่อน หรือผู้สอน

4) การประเมินผลจากการปฏิบัติ เป็นการประเมินผลโดยกำหนดโจทย์หรือ สถานการณ์ให้นักเรียนปฏิบัติโดยครูกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ เหมาะสมและมีการวัด อย่างต่อเนื่อง เพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติของผู้เรียน แล้วตัดสินผลจากพัฒนาการในการเรียนรู้ ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียน

การศึกษาการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการคิด เชิงคำนวณ โดยจะต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ไขปัญหาของนักเรียนมากกว่าผลลัพธ์ ที่เกิดขึ้น

#### 4. สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

##### 4.1 ความหมายของสื่อการจัดการเรียนรู้

สื่อการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนการสอน หรือสื่อการศึกษา มีนักการศึกษาและ ผู้เชี่ยวชาญ ได้ให้ความหมายไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแล้วพบ ความหมาย ของสื่อการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

สื่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง สิ่งที่น่ามาใช้เป็นสื่อกลางในการจัดการเรียนรู้ แล้วทำ ให้นักเรียนได้เรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ (พิมพ์พรรณ เทพสุมาธานนท์, 2531, น. 29; สันทัต ภิบาลสุข และ พิมพ์ใจ ภิบาลสุข, 2533, น. 35; วาสนา ชาวหา, 2533, น. 8; สมบูรณ์ สงวนญาติ, 2534, น. 43; กิดานันท์ มลิทอง, 2543, น. 89; Brown et al., 1973, p. 584) ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านเจตคติ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2535, น. 112; Hass, & Packek, 1964, p. 11) ซึ่งครู หนังสือ หรือสิ่งแวดล้อมของโรงเรียน ก็จัดเป็นสื่อการจัดการเรียนรู้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2526, น. 141) โดยสื่อการจัดการเรียนรู้นั้น จะต้องมีการบวนการสร้าง ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และต้นทุนในการสร้างที่ต่ำ (พรรณรัตน์ อารณพิศาล, 2548, น. 16)

การศึกษาความหมายของสื่อการจัดการเรียนรู้ จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้วิจัยเกิดความรู้ความเข้าใจ และได้แนวคิดในการพัฒนาสื่อการจัดการเรียนรู้ โดยสื่อการจัดการเรียนรู้นี้จะพัฒนาขึ้นนั้น เมื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แล้วจะต้องทำ ให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ นอกจากนี้จะต้องมีการกระบวนการสร้าง ที่ไม่ซับซ้อนมากเกินไป ครูสามารถสร้างขึ้นได้ด้วยตนเองจากวัสดุในท้องถิ่น และมีต้นทุน ในการสร้างที่ต่ำ

## 4.2 ประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้

สื่อการจัดการเรียนรู้หรือสื่อการเรียนการสอน มีนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ได้จัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ไว้หลายประเภทตามลักษณะของสื่อการจัดการเรียนรู้ วิธีการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ ทรัพยากรการเรียนรู้ หรือประสบการณ์ของนักเรียนจากสื่อการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

กรมวิชาการ และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544, น. 91) กล่าวว่า สื่อการจัดการเรียนรู้นั้นมีหลายประเภท ทั้งที่เป็นสื่อจริง สื่อสิ่งพิมพ์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ สื่อมัลติมีเดีย เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญ โดยสามารถนำมาจัดเป็นประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ได้ ดังนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526, น. 4) ได้จัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ไว้ 4 ประเภท ดังนี้

1. สื่อเครื่องมือ หมายถึง สื่อที่ได้จากการหลักการทางวิทยาศาสตร์ มาประยุกต์กับหลักการทางวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องฉายต่าง ๆ เครื่องเสียง วิทยุ โทรศัพท์ หรือแผ่นป้ายต่าง ๆ เป็นต้น
2. สื่อวัสดุ หมายถึง สื่อที่ได้จากการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เป็นสื่อที่มีการเสียหายได้ง่าย เช่น แผนที่ แผนภูมิ แผนสถิติ รูป ภาพโฆษณา หรือแบบจำลอง เป็นต้น
3. สื่อวิธีการ หรือ สื่อเทคนิค หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ เช่น การสาธิต การทดลอง การแสดงละคร นิทรรศการ หรือการศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น
4. สื่อประสม หมายถึง การนำสื่อต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน โดยที่สื่อแต่ละประเภทจะส่งเสริมซึ่งกันและกัน เช่น บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอน หรือศูนย์การเรียนรู้ เป็นต้น

การจัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ ใน 3 ประเภทแรกนี้ ได้แก่ สื่อเครื่องมือ สื่อวัสดุ และสื่อวิธีการ มีความสอดคล้องกับการจัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ของ สุลักษณ์ รัตนะ (2544, น. 20 – 21) และ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2554, น. 24 - 27) ที่ได้จัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ไว้ 3 ประเภท คือ วัสดุ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ และเทคนิคหรือวิธีการ ในประเภทสุดท้ายเทคนิคหรือวิธีการนี้ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2554, น. 24 - 27) ได้กล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นิยมใช้ไว้ 9 ประเภท อย่างชัดเจน คือ (1) การสาธิต (2) การทดลอง (3) เกม (4) การแสดงบทบาทสมมติ (5) การจำลองสถานการณ์ (6) การฝึกปฏิบัติจริง (7) ทักษะศึกษา (8) กิจกรรมอิสระ และ (9) กิจกรรมที่จัดขึ้นตามโครงการ

นอกจากนี้ยังมีการจัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ (2541, น. 56 - 58) ได้จัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ ไว้ 6 ประเภท โดยมีการแยกสื่อการจัดการเรียนรู้แต่ละชนิดออกมาเป็นประเภทที่เด่นชัด คือ

1. ภาพนิ่ง คือ การบันทึกวัตถุสิ่งของ เหตุการณ์ แบบไม่มีลักษณะเคลื่อนไหว เช่น ภาพประกอบในหนังสือ ภาพประกอบการจัดป้ายนิเทศ สไลด์ฟิล์ม แผ่นโปสเตอร์ เป็นต้น
2. วัสดุประเภทเสียง คือ การบันทึกเสียงในเทปบันทึกเสียง แผ่นเสียง ระบบเสียงในฟิล์มภาพยนตร์ เป็นสื่อที่มีลักษณะนามธรรม
3. ภาพยนตร์และวีดิทัศน์ คือ การบันทึกเป็นภาพเคลื่อนไหว ผลิตจากการแสดงสดหรือใช้เทคนิคกราฟิก การตัดต่อ เข้ามาช่วยก็ได้ เพื่อให้เกิดความน่าสนใจ การเข้าใจที่ง่ายและชัดเจนมากยิ่งขึ้น จะมีระบบเสียงประกอบหรือไม่ก็ได้
4. โทรทัศน์ ภาพและเสียง คือ ภาพรายการสด จากสถานีถ่ายทอด วีดิทัศน์ ภาพยนตร์ ที่ปรากฏบนจอเครื่องรับโทรทัศน์ ทั้งนี้จะถ่ายทอดสัญญาณแบบวงจรปิดหรือสัญญาณดาวเทียมก็ได้
5. ของจริง คือ สถานการณ์จำลองหรือหุ่นจำลอง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น บุคคล วัตถุสิ่งของ สถานการณ์ การสาธิต เป็นต้น
6. บทเรียนโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction) คือ การใช้สื่อต่าง ๆ เช่น เนื้อหาหรือข้อสนเทศต่าง ๆ เช่น รูปหนังสือ สไลด์ ฟิล์ม ภาพยนตร์ วีดิทัศน์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยจะเน้นทักษะการสื่อความหมายของนักเรียน เพื่อให้ประสบผลสำเร็จในการเรียน

Ely (1972, p. 29 - 40) ได้จัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ ตามทรัพยากรการเรียนรู้ (Learning K'sources) ไว้ 5 ประเภท คือ

1. คน (People) ความหมายโดยตรง หมายถึง บุคลากรในระบบโรงเรียน ได้แก่ ครู ผู้บริหาร ผู้แนะแนวการศึกษา ผู้ช่วยสอน หรือผู้อำนวยการความสะอาดต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ และความหมายโดยปริยาย หมายถึง คนที่ทำงาน คนที่มีความชำนาญในแต่ละสาขา ซึ่งไม่ใช่ครูโดยตรง แต่สามารถช่วยอำนวยความสะดวกหรือเป็นวิทยากรเพื่อเสริมการเรียนรู้ได้ เช่น ศิลปิน นักการเมือง นายธนาคาร ช่างซ่อมรถยนต์ เป็นต้น
2. วัสดุ (Materials) ความหมายโดยตรง หมายถึง สิ่งที่บรรจุเนื้อหาความรู้ ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ เช่น หนังสือ สไลด์ ฟิล์ม แผ่นที่ และความหมาย

โดยประยุกต์ หมายถึง สิ่งที่บรรจุเนื้อหาความรู้ในรูปแบบของการให้ความบันเทิง อาจจะเป็นวัสดุ เช่นเดียวกับข้างต้นเช่น การจัดนิทรรศการ ภาพยนตร์ สารคดี เป็น

3. อาคารสถานที่ (Settings) หมายถึง ตึก อาคาร หรือสิ่งแวดล้อมที่ออกแบบมาเพื่อ การจัดการเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนโดยตรง หรือเกี่ยวข้องโดยส่วนรวม เช่น ห้องสมุด หอประชุม สนามเด็กเล่น หรือแม้แต่สถานที่ในชุมชน เช่น โรงงาน ตลาด สถานที่ทางประวัติศาสตร์ เป็นต้น

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ (Tool and Equipment) หมายถึง สิ่งที่จะช่วยในการผลิตหรือ สิ่งที่ใช้ร่วมกับสื่อประเภทอื่น ๆ เช่น เครื่องโสตทัศนูปกรณ์ เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องคอมพิวเตอร์ ตะปูลวด เป็นต้น

5. กิจกรรม (Activities) หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อร่วมกับสื่ออื่น ๆ หรือเทคนิควิธีการต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ เช่น โปรแกรมเกม สถานการณ์จำลอง การทัศนศึกษา เป็นต้น

Edgar Dale (1965, p. 18 - 20) ได้จัดประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ ตามประสบการณ์ของนักเรียน เรียกว่า “กรวยแห่งประสบการณ์” ไว้ 10 ประเภท ได้แก่ (1) ประสบการณ์ตรงจากเจตนา (2) ประสบการณ์จากการจำลองสถานการณ์หรือของจริง (3) ประสบการณ์จากการแสดงบทบาทสมมติ (4) ประสบการณ์จากการสาธิต (5) ประสบการณ์จากการทัศนศึกษา (6) ประสบการณ์จากนิทรรศการ (7) ประสบการณ์จากภาพยนตร์หรือโทรทัศน์ (8) ประสบการณ์จากภาพนิ่ง วิดีโอหรือการบันทึกเสียง (9) ประสบการณ์จากสัญลักษณ์ภาพ (10) ประสบการณ์จากลักษณะทางภาษาพูด หรือภาษาเขียน

จากการศึกษาประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ ตามที่นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญ ได้ทำการจำแนกไว้ สามารถสรุปได้ว่า ประเภทของสื่อการจัดการเรียนรู้ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

1. สื่อเครื่องมือ คือ สื่อที่ใช้เครื่องมือในการสื่อความหมาย เช่น เครื่องฉายต่าง ๆ เครื่องเสียง วิดีโอ โทรทัศน์ วีดิทัศน์ ฟลิ้ม หรือแผ่นป้ายต่าง ๆ เป็นต้น

2. สื่อวัสดุ คือ สื่อที่สามารถสื่อความหมายได้ด้วย ตัวของมันเอง เช่น แผนที่ แผนที่ภูมิ แผนที่สถิติ รูป ภาพวาด ภาพโฆษณา หนังสือ หุ่นจำลอง หรือแบบจำลอง เป็นต้น

3. สื่อวิธีการ คือ สื่อที่ใช้กระบวนการหรือวิธีการ ตามลำดับขั้นตอนในการสื่อความหมาย เช่น การสาธิต การทดลอง การแสดงละคร การแสดงบทบาทสมมติ เกม นิทรรศการ หรือการศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น

4. สื่อประสม คือ สื่อหลายชนิดที่นำมาร่วมกันใช้ในการสื่อความหมาย เช่น บทเรียนโปรแกรม คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ชุดการสอน หรือศูนย์การเรียนรู้ เป็นต้น

โดยการวิจัยนี้ จัดเป็นการพัฒนาสื่อการจัดการเรียนรู้ ประเภทสื่อประสม เนื่องจากมีนำสื่อการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้เข้าด้วยกัน เช่น วงจรไฟฟ้า แอปพลิเคชัน ในโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต ชุดการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น

#### 4.3 การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้

การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ มีหลักการสำคัญ คือ สื่อการจัดการเรียนรู้จะต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยมีนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญ ได้ให้ลำดับขั้นตอนการออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบจำลอง The ASSURE Model ของ Heinich et al. (1999) มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ลักษณะนักเรียน (Analyze Learner Characteristics) เป็นการศึกษาความพร้อมของนักเรียน เพื่อเลือกสื่อการจัดการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้อง ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงลักษณะทั่วไป เช่น อายุ ระดับการศึกษา สังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรม เป็นต้น และลักษณะเฉพาะของนักเรียน เช่น ทักษะที่มีมาก่อน ทักษะเป้าหมาย ทักษะในการเรียน ทักษะคติ เป็นต้น

2. การกำหนดวัตถุประสงค์ (State Objectives) เป็นการคาดหวังเพื่อให้นักเรียนบรรลุถึงผลสำเร็จที่ต้องการ ภายหลังจากการเรียนรู้แล้ว ซึ่งจะต้องสังเกตได้จากเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน นอกจากนี้การกำหนดวัตถุประสงค์ ยังช่วยให้การเลือกใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ การจัดลำดับกิจกรรม การวัด และประเมินผล ของคุณนั้น เป็นไปอย่างถูกต้อง

3. การเลือก ดัดแปลง หรือออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ (Select, Modify or Design Materials) มีหลักการพิจารณา 3 วิธี (1) เลือกสื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่แล้ว โดยพิจารณา สื่อการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะของนักเรียน (2) พัฒนาสื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีและมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และ (3) ออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ใหม่ ในกรณีที่ไม่สามารถพัฒนาสื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่แล้วได้ ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะของนักเรียน และงบประมาณ เป็นสำคัญ

4. การใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ (Utilize Materials) เป็นขั้นการดำเนินการของครู ดังนี้ (1) เตรียมตัว โดยศึกษาเนื้อหาวิชาในสื่อการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ อย่างแม่นยำ (2) จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงการทดลองใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนการใช้งานจริง

ให้เรียบร้อย (3) เตรียมความพร้อมนักเรียน โดยครูจะต้องแนะนำเบื้องต้นก่อนการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ นั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนทราบ และเกิดแรงจูงใจในการเรียน (4) ควบคุมชั้นเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนให้ความสนใจในสื่อการจัดการเรียนรู้ นั้น อย่างตลอดเวลา และ (5) ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการตอบสนองอย่างสม่ำเสมอ

5. การประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ (Evaluation) สามารถทำได้ 3 วิธี (1) การประเมินกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ทั้งในด้านครู ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ และด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ โดยสามารถทำการประเมินได้ในทุกระยะเวลา ตั้งแต่ก่อน ระหว่าง หรือหลังการจัดการเรียนรู้ (2) การประเมินความสำเร็จของนักเรียน สามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ อาจจะใช้การประเมินในรูปแบบของการทดสอบ การสอบปากเปล่า การตรวจจากผลงาน หรือการสังเกตพฤติกรรม การแสดงออกของนักเรียนในชั้นเรียน และ (3) การประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ และวิธีการจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนร่วมอภิปรายว่า มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ ในข้างต้นนี้ มีความสอดคล้องกับ สุภาภรณ์ ยิ่งยวด (2547, น. 20 - 21) โดย สุภาภรณ์ ยิ่งยวด ได้เพิ่มเติม การกำหนดพฤติกรรม การตอบสนองของนักเรียน เพื่อให้การเรียนรู้ของนักเรียนจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนจะต้องมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ มีการตอบสนองต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยวิธีที่แตกต่างกัน วิธีที่ง่าย เช่น การสังเกต เป็นต้น และวิธีที่ซับซ้อน เช่น การออกแบบ การอภิปราย เป็นต้น และการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งหมายถึง การนำผลการประเมินการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ มาพิจารณาตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาสื่อการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ มีประเด็นที่น่าสนใจโดย Merrill, David, & Goodman, (1972) เพิ่มเติม คือ การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ จะต้องพิจารณาถึงขีดความสามารถในการผลิตสื่อการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งงบประมาณที่จะใช้ในการผลิตสื่อการจัดการเรียนรู้ นั้นด้วย

โดยการวิจัยครั้งนี้ จะมีการพัฒนาสื่อการจัดการเรียนรู้ ประเภทสื่อประสม ในรูปแบบชุดการทดลอง ซึ่ง วัลลภ จันทรตระกูล (2529, น. 44 - 46) ได้ให้ลำดับขั้นตอนการออกแบบชุดทดลองไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดทดลองไปใช้ เพื่อให้เกิดผลสำเร็จการกำหนดวัตถุประสงค์จะต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนเป็นสำคัญ ซึ่งจะต้องมีการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลด้านสภาพการจัดการเรียนรู้ ข้อมูลด้านวิชาการ ข้อมูล

ด้านผู้เรียน เป็นต้น จากนั้นทำการกำหนดขอบเขต คุณลักษณะ ของชุดการทดลองที่จะออกแบบ และสร้าง

2. กำหนดหน้าที่ของชุดทดลอง เพื่อให้ทราบถึงหน้าที่ต่าง ๆ ของชุดทดลอง จะต้องทำการศึกษาปัจจัยที่ทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตรงตามหน้าที่

3. กำหนดอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลอง เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตรงตามหน้าที่ที่กำหนด ซึ่งส่วนใหญ่อุปกรณ์จะอยู่ในรูปของวัสดุ พลังงาน และสัญญาณ

4. เลือกอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลอง เพื่อให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพ จะต้องพิจารณาประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา

5. สร้างต้นแบบและการตรวจสอบ เพื่อให้อุปกรณ์มีคุณลักษณะตรงตามความต้องการการสร้างอุปกรณ์จะต้องมีการตรวจสอบทางเทคนิค เพื่อให้เกิดความมั่นใจ

6. เตรียมเอกสาร เพื่อให้การใช้งานอุปกรณ์เป็นไปอย่างถูกต้อง มีความสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสร้าง จะต้องสร้างเอกสารคู่มือประกอบการใช้งาน

จะเห็นได้ว่า การออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ ข้างต้นนี้ มีความสอดคล้องกัน ในประเด็นของการกำหนดวัตถุประสงค์ในการนำสื่อการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ทั้งนี้จะต้องมีการพิจารณาถึงประสบการณ์เดิม และความสนใจของนักเรียนด้วย เพื่อให้เกิดแรงจูงใจ การเรียนรู้ ซึ่งทั้งหมดนี้ผู้วิจัยก็ได้นำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ สื่อการจัดการเรียนรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

#### 4.4 การประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาการออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ พบว่า ขั้นตอนสำคัญของการออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนหนึ่ง คือ การประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ดังต่อไปนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2533, น. 126 - 130) กล่าวว่า การประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ เป็นการพิจารณาประสิทธิผลของสื่อการจัดการเรียนรู้ จะต้องเริ่มต้นด้วยการกำหนดปัญหา คือ กำหนดคำถาม เช่น สื่อการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิผลเพียงใด สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้เพียงใด สื่อการจัดการเรียนรู้คุ้มค่าในแง่ผลการเรียนรู้หรือไม่ เป็นต้น ซึ่งการประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ สามารถทำได้ 5 วิธี ดังนี้

1. การประเมินโดยครู ครูผู้รับประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้จะต้องเป็นครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ มีประสบการณ์ในการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ หรือได้รับการฝึกอบรมจนมีความชำนาญ

2. การประเมินโดยผู้ชำนาญ ผู้ชำนาญ หมายถึง คณาจารย์ อาจารย์ในมหาวิทยาลัยที่สอนในสาขาวิชาสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา การวัดผล และประเมินผล ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้

3. การประเมินโดยคณะกรรมการเฉพาะ คณะกรรมการเฉพาะ หมายถึง กลุ่มบุคคล ที่ตั้งขึ้นมาประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ ทั้งในด้านกายภาพ ด้านคุณลักษณะ ประสิทธิภาพ ของสื่อการจัดการเรียนรู้

4. การประเมินโดยนักเรียน นักเรียน หมายถึง ผู้รับรู้ ผู้เรียนรู้ จากสื่อการจัดการเรียนรู้ การให้นักเรียนประเมินจะทำให้ได้แนวคิดเกี่ยวกับสื่อการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียน โดยให้ความสำคัญในประเมินที่ตัวสื่อการจัดการเรียนรู้ ไม่เน้นวิธีการจัดการเรียนรู้ของครู ทั้งนี้อาจจะมีปัญหาอยู่บ้าง เนื่องจากนักเรียนมีประสบการณ์น้อย ควรชี้แจงเกณฑ์และหัวข้อในการประเมินก่อน

5. การประเมินประสิทธิภาพของสื่อการจัดการเรียนรู้ การประเมินด้วยวิธีนี้จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังจากการเรียนด้วย สื่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวิธีการประเมินประสิทธิภาพของสื่อการจัดการเรียนรู้สามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1) การประเมินแบบอาศัยเกณฑ์ เช่น การประเมินประสิทธิภาพของสื่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 (90/90 Standard) โดย 90 ตัวแรก หมายถึง คะแนนรวมจากการสอบที่นักเรียนทั้งหมดตอบถูก โดยนำมารวมกันแล้วคิดเป็นร้อยละไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 90 และ 90 ตัวหลัง หมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อที่นักเรียนตอบถูกไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 90 ถ้าข้อใดนักเรียนทำได้ต่ำกว่าร้อยละ 90 จะต้องปรับปรุงแก้ไขสื่อการจัดการเรียนรู้นั้น แล้วทำการทดลองซ้ำ จนได้คะแนนถึงเกณฑ์มาตรฐาน

2) การประเมินแบบไม่ตั้งเกณฑ์ล่วงหน้า ประเมินประสิทธิภาพของสื่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยการเปรียบเทียบผลการสอบของนักเรียนหลังจากการเรียนรู้ด้วยสื่อการจัดการเรียนรู้แล้ว (Posttest) ว่าสูงกว่าผลการสอบของนักเรียนก่อนการเรียนรู้ด้วยสื่อการจัดการเรียนรู้ (Pretest) อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้าผลการเปรียบเทียบผลว่า นักเรียน

ได้คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญ หมายความว่า  
สื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

โดย กิดานันท์ มลิทอง (2536, น. 81 - 82) ได้กล่าวถึง การประเมิน  
สื่อการจัดการเรียนรู้ในลักษณะที่แตกต่างออกไปจากข้างต้น ซึ่งการประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้  
ข้างต้นของ ไชยยศ เรืองสุวรรณ จะให้ความสำคัญกับบุคคลผู้ที่จะประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้  
แต่ในส่วนของ กิดานันท์ มลิทอง จะให้ความสำคัญกับช่วงเวลาที่จะการประเมิน  
สื่อการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้ (1) ประเมินการวางแผนการใช้  
สื่อการจัดการเรียนรู้ (2) ประเมินกระบวนการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ และ (3) ประเมินผลที่ได้จาก  
การใช้สื่อการจัดการเรียนรู้

นอกจากนี้ สุรนนท์ สังข์อ่อน (2526, น. 65 - 67) ได้กล่าวถึง การประเมิน  
สื่อการจัดการเรียนรู้ ในลักษณะที่แตกต่างออกไปจากของ ไชยยศ เรืองสุวรรณ และ  
กิดานันท์ มลิทอง โดยมี 4 วิธี ดังนี้ (1) ลองชมสื่อชิ้นก่อน โดยให้ครูหลาย ๆ ท่าน มานั่งชม  
สื่อการจัดการเรียนรู้ชิ้น และร่วมกันอภิปราย (2) ทดลองใช้สื่อ โดยนำสื่อการจัดการเรียนรู้ชิ้น  
ไปทดลองใช้กับนักเรียนทั้งชั้น เพื่อศึกษาข้อดีและข้อเสีย เพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงต่อไป  
(3) ครูแต่ละคนชมเป็นรายบุคคล โดยให้ครูหลาย ๆ ท่าน มานั่งชมสื่อการจัดการเรียนรู้ชิ้น และ  
ร่วมกันอภิปรายรายบุคคล และ (4) ประเมินผสมผสาน ในวิธีที่ 1 2 และ 3

จากการข้อมูลข้างต้นนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ของ  
งานวิจัย โดยงานวิจัยนี้ จะทำการประเมินสื่อการจัดการเรียนรู้ โดยครู เนื่องจากเป็น  
ผู้ที่ประสบการณ์การจัดการเรียนรู้โดยตรง จะสามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะได้ดี  
ในการปฏิบัติ และโดยนักเรียน เนื่องจากเป็นผู้ที่เรียนรู้จากสื่อการจัดการเรียนรู้โดยตรง จะสามารถ  
ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับตัวสื่อการจัดการเรียนรู้ได้ดี

#### 4.5 ประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้

สื่อการจัดการเรียนรู้ มีนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ได้กล่าวถึงประโยชน์ของ  
สื่อการจัดการเรียนรู้ ที่เหมือนกันและแตกต่างกัน ดังนี้

Kinder (1959, pp. 42 - 45) กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. สื่อการจัดการเรียนรู้จะช่วยลดความแตกต่าง ด้านประสบการณ์เดิมของ  
นักเรียน
2. สื่อการจัดการเรียนรู้จะช่วยลดประสบการณ์ตรงบางอย่างในการเรียนรู้
3. สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง

4. สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด
5. สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนมีมีโนภาพเริ่มต้นอย่างถูกต้อง
6. สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และต้องการเรียนรู้มากขึ้น

7. สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยสร้างแรงจูงใจ
8. สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเป็นรูปธรรมมากขึ้น

ซึ่งประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ข้างต้นนี้ มีความสอดคล้องกับ Dale (1959, p. 65 - 71) แต่ Dale จะกล่าวเพิ่มเติมถึงประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ว่า สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยให้การเรียนรู้มีความคงทน

นอกจากนี้ กิตานันท์ มะลิทอง (2543, น. 98) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ ในลักษณะที่แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ ประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ต่อนักเรียน และประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ต่อครู ดังนี้

#### 1. ประโยชน์ต่อนักเรียน

- 1) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้องและในระยะเวลาสั้น ๆ
- 2) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ให้รู้สึกสนุกกับการเรียนรู้
- 3) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนในชั้นเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกัน
- 4) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้มากขึ้น และเกิดมนุษยสัมพันธ์อันดีกับครู และนักเรียนด้วยกันภายในกลุ่ม
- 5) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยเสริมทักษะการค้นคว้า และทักษะความคิดเชิงสร้างสรรค์

6) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยลดปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยการจัดให้มีการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้รายบุคคล

#### 2. ประโยชน์ต่อครู

- 1) สื่อการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้มีความน่าสนใจ มีความสนุกสนาน มากยิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มความมั่นใจในการจัดการเรียนรู้

2) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยแบ่งเบาภาระในการเตรียมเนื้อหา เพราะ นักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง

3) สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้ครูตื่นตัวในการเตรียมและสร้างวัสดุใหม่ ๆ ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการใหม่ ๆ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีความน่าสนใจ

อย่างไรก็ตาม การใช้สื่อการจัดการเรียนรู้จะบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ ครูจะต้องใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ อย่างถูกต้อง อย่างเหมาะสม ดังนั้นครูจะต้องมีความรู้ความเข้าใจ ในการผลิต การใช้งาน ข้อดีและข้อจำกัด ของสื่อการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์ของสื่อการจัดการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ว่า สื่อการจัดการเรียนรู้ ช่วยทำให้การจัดการเรียนรู้ของครูนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะ สื่อการจัดการเรียนรู้ สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง ภายในระยะเวลาสั้น ๆ และยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ที่เป็นประสบการณ์ตรงด้วย

## 5. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

### 5.1 ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสาร บทความ และงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน มีการให้ความหมายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้อย่างสอดคล้องกัน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ เกี่ยวกับเรื่องราวหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตหรือประสบการณ์เดิม แล้วนำมาประมวลผลเป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ (ภาพ เลหาไพบุลย์, 2540; วราภรณ์ แยมจินดา, 2547, น. 13; ตรีคุณ โพธิ์หล้า, 2554, น. 31; รุ่งโรจน์ ไครตนารา, 2555; ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์, 2550; เกียรติมณี บำรุงไร่, 2553; มันทนา แสงมณี, 2557; กัญญารัตน์ เวชชาศาสตร์, 2551) โดย รุ่งโรจน์ ไครตนารา (2555) ระบุเพิ่มเติมว่า ความคิด ความเข้าใจ เกี่ยวกับเรื่องราวหรือประสบการณ์ต่าง ๆ นั้น เกิดขึ้นจากการศึกษา สืบค้น และเก็บรวบรวมมาจากประสบการณ์การรับรู้ต่าง ๆ แล้วนำมาลงข้อสรุป แต่อย่างไรก็ตามได้มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ให้ความหมายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างออกไป โดย แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้ในการหาความรู้หรือคำตอบที่ถูกต้อง (นันธิดา รัตน์พิทักษ์, 2556;

Dunbar, 1991; Yeany, & Briton, 1991; Schaefersman, 1997) โดย นันธิดา รัตนพิทักษ์ (2556) ระบุเพิ่มเติมว่า กระบวนการคิดนั้น ต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เป็นฐานในการคิด

การศึกษาความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ เกี่ยวกับประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสังเกต แล้วนำมาประมวลผลเป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

## 5.2 ประเภทของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายคน ได้ให้แนวทางการจำแนกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2547) ได้จำแนกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 2 ประเภท

1. แนวคิดที่เป็นกระบวนการ (Process Concepts) เป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับเทคนิควิธีการที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาสร้างเป็นสูตรและประมวลผล

2. แนวคิดที่เป็นข้อความรู้ (Product Concepts) เป็นแนวคิดที่เกิดจากการสะสมความรู้ สามารถแบ่งออกเป็น 3 แนวคิด โดยแนวคิด 3 แนวคิดนี้ สอดคล้องกับ การจำแนกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ของ วราภรณ์ แย้มจินดา (2547, น. 13) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) แนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classificational Concepts) เป็นแนวคิดที่เกิดจากการอธิบายความรู้ในกลุ่มใหญ่ ส่วนใหญ่เป็นแนวคิดทางชีววิทยา ตัวอย่างเช่น ดอกไม้ประกอบด้วย ส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย

2) แนวคิดทางทฤษฎี (Theoretical Concepts) เป็นแนวคิดที่ใช้อธิบายลักษณะหรือปรากฏการณ์บางอย่างที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง และมีหลักฐานเป็นเหตุผลสนับสนุน ตัวอย่างเช่น น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน

3) แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational Concepts) เป็นแนวคิดที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล เพื่อใช้ในการอธิบายหรือทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น

จากการศึกษาข้างต้น พบว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แนวคิดที่เป็นกระบวนการ และแนวคิดที่เป็นข้อความรู้ สำหรับงานวิจัยนี้ จะมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับ แนวคิดที่เป็นข้อความรู้ ในส่วนของแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational Concepts) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เน้นการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ

### 5.3 การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิด เป็นการเปลี่ยนแปลงความคิด ความเข้าใจเดิมที่ไม่ถูกต้อง ให้เกิดเป็นความคิดความเข้าใจที่ถูกต้อง (คชานนท์ สุวรรณพันธ์, 2543; วีรพงศ์ ขำเหม, 2544; วรรณดี จันทรวงศ์, 2547) โดยจะไม่ใช้การบังคับให้นักเรียนยอมรับ หรือเปลี่ยนจากความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง (จันทร์จิรา ภมรศิลปกรรม, 2551, น. 47) ซึ่งการพัฒนาความรู้ใหม่ที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จะต้องใช้ความรู้ประสบการณ์ และแนวคิดเดิมมาเป็นพื้นฐาน (Brooks, & Brooks, 2009) และการที่นักเรียนจะเกิดแนวคิดใหม่ได้ มีเงื่อนไขสำคัญอยู่ 4 ประการ (Posner, Striker, Hewson, & Gertzog, 1982) ดังนี้

1. ความไม่พอใจในแนวคิดที่มีอยู่ (Dissatisfaction) นักเรียนจะต้องไม่พอใจความรู้เดิม เนื่องจากความรู้เดิมของนักเรียนไม่สามารถอธิบายหรือแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องการได้
2. แนวคิดใหม่ต้องเป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้ง (Intelligible) นักเรียนจะต้องมีความเข้าใจความรู้ใหม่
3. แนวคิดใหม่ต้องฟังดูน่าเชื่อถือ (Plausible) นักเรียนจะต้องเห็นว่าความรู้ใหม่มีประโยชน์สามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่ต้องการได้
4. แนวคิดใหม่ต้องมีประโยชน์สำหรับการใช้ในบริบทอื่น (Fruitful) นักเรียนจะต้องสามารถนำความรู้ใหม่ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ที่แนวคิดเดิมของนักเรียนไม่สามารถอธิบายหรือแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องการได้

งานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เสียง โดยการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และจะต้องสามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่กำหนดให้ได้

### 5.4 การวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

การสำรวจแนวคิดของนักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น จะทำให้ครูได้ทราบแนวคิดของนักเรียนว่านักเรียนมีแนวคิดพื้นฐานในเรื่องที่จะสอนอย่างไรบ้าง และมีแนวคิดใดบ้างที่ยังไม่ถูกต้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ที่จะสามารถช่วยแก้ไขปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนได้ (วราภรณ์ แยมจินตาม, 2547, น. 18) และหลังจากการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และมีแนวคิดที่ถูกต้องในสิ่งที่ได้เรียนรู้

ไปหรือไม่นั้น ครูสามารถทำการพิจารณาถึงคุณลักษณะของผู้ที่เข้าใจในแนวคิดได้ ดังต่อไปนี้ (พันธ์ ทองชุมชน, 2547; Hurd, 1970, p. 53)

1. สามารถระบุตัวอย่างที่ใช้แนวคิดและไม่ใช้แนวคิดได้
2. สามารถใช้แนวคิดอธิบายสถานการณ์ใหม่ได้
3. สามารถใช้แนวคิดในการตั้งสมมติฐานเพื่อการแก้ปัญหาได้
4. สามารถลงความเห็นหรือลงข้อมูลได้จากสถานการณ์
5. สามารถจัดข้อมูลที่ได้แยกกลุ่มตามความสัมพันธ์
6. จากสถานการณ์สามารถแยกข้อมูล แนวคิดออกจากกันและสามารถเข้าใจในแนวคิดได้เพิ่มขึ้น

7. สามารถจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายโดยใช้หลักเกณฑ์ของตน
8. สามารถเรียนรู้ในหัวข้อใกล้เคียงกันได้เร็ว

วิธีการวัดแนวคิดมีหลายวิธี ซึ่งครูจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสม ที่สามารถระบุแนวคิดของนักเรียนได้อย่างแท้จริง ไม่ใช่การวัดการท่องจำ (จรรยา ดาสา, และคนอื่น ๆ, 2549, น. 232) ซึ่งวิธีการวัดแนวคิดสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

#### 1. การทดสอบ

แบบทดสอบที่ใช้ในการสำรวจแนวคิดของนักเรียน มีหลายรูปแบบ ดังนี้

##### 1) แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple – Choice Items)

แบบทดสอบชนิดเลือกตอบได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในรูปของแบบวัดความรู้และถูกปรับเพื่อใช้ในการศึกษาผลการเรียนรู้ในรูปของความรู้ ความเข้าใจ การตัดสินใจ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการทำนายผล โดยแบบทดสอบชนิดเลือกตอบมีความแตกต่างจากแบบทดสอบประเภทอื่น เนื่องจากสามารถใช้วัดความคิดของนักเรียนในระดับสูง เช่น ระดับการคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล ซึ่งแบบทดสอบแบบถูกผิดจะวัดได้เพียงระดับความรู้ความจำ และความเข้าใจ (ตรีคุณ โพธิ์หล้า, 2554, น. 33) ทั้งนี้ เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540, น. 225 – 227) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบที่ดีสรุปได้ดังนี้

1.1) ข้อคำถามที่เป็นส่วนนำนั้นควรใช้ภาษาที่ชัดเจน กระชับรัดได้ใจความ และเรื่องที่จะถามควรเป็นเรื่องสำคัญเพียงเรื่องเดียวในแต่ละข้อ

1.2) ตัวคำถามควรใช้ความคิดเชิงบวก หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความในเชิงปฏิเสธ แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้ หรือเขียนเป็นตัวเน้นคำที่เป็นปฏิเสธเพื่อให้เห็นได้ชัดเจนและเป็นการเน้นคำถามด้วย

1.3) ข้อคำถามแต่ละข้อควรเป็นอิสระหรือแยกขาดจากกัน ไม่ขึ้นกับข้ออื่น ๆ ในแบบทดสอบชุดนั้น ๆ

1.4) ถ้าข้อคำถามข้อใดต้องอาศัยกราฟ ตาราง ฯลฯ ตัวคำถาม และตัวเลือกจะต้องหาจากข้อมูลหรือมีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มาจากราย หรือตารางประกอบนั้น

1.5) ตัวเลือกที่ถูกควรเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ที่สุด และจะต้องมีตัวเลือกที่ถูกเพียงตัวเดียวเท่านั้น

1.6) คำที่บอกความหมายควรให้อยู่ในตัวคำถาม ส่วนคำจำกัดความให้อยู่ในตัวเลือก

1.7) ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลือกประเภท “ถูกทุกข้อ” หรือ “คำตอบที่ถูกไม่ได้ให้ไว้”

1.8) ลักษณะของข้อคำตอบจะต้องไม่เกิดการชี้แนะคำตอบ

1.9) การจัดเรียงตำแหน่งตัวเลือกที่ถูกของข้อต่าง ๆ ควรจะอยู่ในลักษณะการสลับและกระจายตัวเลือกที่ถูกสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

1.10) การจัดเรียงข้อกระหนงหรือการดำเนินการจัดพิมพ์ควรอยู่ในรูปแบบเดียวกัน

1.11) ข้อคำถามและคำตอบควรจะสิ้นสุดลงในหน้าเดียวกัน

## 2) แบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด

(Essay Items) แบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิดถูกนำมาใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยให้ผู้ตอบมีอิสระในการตอบคำถาม แบบทดสอบชนิดนี้ จะมี

ปัญหาในการตรวจให้คะแนน ทั้งด้านความเป็นธรรมในการให้คะแนนและ

ความสะดวกรวดเร็ว แต่มีความเหมาะสมในการใช้วัดความรู้ในระดับของการแก้ไขปัญหา

การวิเคราะห์ และการประเมิน (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2542) ทั้งนี้ Kubiszyn, & Borich

(1996, pp. 106 - 109) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับการเขียนและการใช้แบบทดสอบชนิดคำถาม

ปลายเปิดดังนี้

1.1) วิเคราะห์ว่าต้องการวัดการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับการคิดวิเคราะห์การตัดสินใจหรือการคิดในระดับขั้นสูง

1.2) สร้างคำถามที่มีความชัดเจนและไม่คลุมเครือสำหรับนักเรียน และมีคำอธิบายที่ชัดเจน

1.3) เริ่มต้นประโยคคำถามด้วยการใช้คำหรือวลีที่เป็นการเปรียบเทียบสิ่งที่เหมือนสิ่งที่แตกต่างการยกตัวอย่างการทำนายไม่ควรเริ่มต้นคำถามด้วยคำว่าอะไร ใคร และเมื่อไร

1.4) หลีกเลี่ยงการให้นักเรียนเลือกข้อที่จะตอบคำถาม เช่น เลือกตอบ 3 ข้อ จากคำถามทั้งหมด 5 ข้อ หรือเลือกตอบ 4 ข้อ จากคำถามทั้งหมด 7 ข้อ เนื่องจากจะเป็น การหลีกเลี่ยงคำถามที่ไม่สามารถให้คำตอบได้

1.5) กำหนดเวลาที่ใช้และจำนวนหน้าแบบทดสอบที่เหมาะสม สำหรับการทดสอบแต่ละครั้งเพื่อให้นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้อย่างสมบูรณ์

1.6) กำหนดคำถามให้ความสัมพันธ์กับเนื้อหาที่จะสอน  
 ตรีคุณ โพธิ์หล้า (2554, น. 36) ได้เสนอว่า การใช้คำถามปลายเปิด เป็นวิธีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นด้วยภาษาและความคิดของตนเอง ซึ่งการใช้คำถามปลายเปิด มีลักษณะดังนี้

1. ผู้ตอบมีโอกาสใช้ความคิดเห็นและตอบได้อย่างเสรี
2. ได้คำตอบที่เป็นภาษาเขียนของผู้ตอบ ซึ่งจะเป็นคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของผู้ตอบมากกว่าการใช้คำถามปลายปิด
3. สร้างคำถามได้ง่ายสะดวกและเสียเวลาน้อย ผู้ที่ไม่มีความชำนาญก็สามารถสร้างให้มีคุณภาพได้

4. สามารถสร้างให้กำหนดคำตอบสั้นหรือยาว มากหรือน้อยตามความต้องการได้ โดยเว้นช่องว่างไว้ให้

5. สามารถสร้างแบบวัดข้อมูลที่ละเอียดลึกซึ้งได้ และมีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงแนวคิดของนักเรียนว่ามีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างไรโดยไม่ต้องถามว่าคำตอบนั้นจะถูกหรือไม่ การใช้คำถามปลายเปิดนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตอบคำถามตามความคิดความเข้าใจของนักเรียน

## 2. การสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์ เป็นวิธีเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นด้วยภาษาและความคิดของตนเอง เพื่อสำรวจความคิดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งของ และประสบการณ์จุดประสงค์ในการสัมภาษณ์ เพื่อต้องการแนวคิดทางเลือกของนักเรียน (Alternative conception) (จันทร์จิรา ภูมิศิลปกรรม, 2551, น. 39; Bennett, 2005) วิธีการสัมภาษณ์เพื่อสำรวจแนวคิดที่นิยมใช้กันมีดังนี้ (Osborne & Gillbert, 1980)

1) การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง (Interview – About - Instances) เป็น การ สัมภาษณ์โดยผู้สัมภาษณ์จะยกตัวอย่างรูปภาพที่จัดอยู่ในแนวคิด และไม่จัดอยู่ในแนวคิดนั้น แล้วให้ผู้สัมภาษณ์เลือกตอบว่าตัวอย่างรูปภาพแต่ละตัวอย่างนั้นจัดอยู่ในแนวเดียวกันหรือไม่ และเพราะเหตุใดการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างสามารถตรวจสอบความเข้าใจที่ลึกซึ้งของแนวคิดนั้น ๆ ได้

2) การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ (Interview – About – Events) เป็นการใช้คำถามจากการ ยกตัวอย่างภาพฉายเส้นที่เป็นสถานการณ์ขึ้น เพื่อตรวจสอบว่านักเรียน มีความสามารถในการเชื่อมระหว่างแนวคิดกับสถานการณ์ หรือความสามารถในการแปลความหมายจากปรากฏการณ์การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์จะทำให้ครูทราบถึงจินตนาการของนักเรียนได้

จากการศึกษาการวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทาง ในการวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยจะทำการวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้วยแบบทดสอบ แบบอัตนัยหรือแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (Essay Items) เนื่องจากสามารถใช้วัดความรู้ ในระดับของการแก้ไขปัญหา การวิเคราะห์ และการประเมิน ได้

### 5.5 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เป็นแนวคิดหนึ่งของรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 2: วิทยาศาสตร์ กายภาพ ซึ่งมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับ มาตรฐาน ว 2.3 ดังนี้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง สสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 4)

จากการศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง พบว่า นักเรียนอาจจะมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 1 แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน                                                                                                                     | แนวคิดที่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>หัวข้อ ความเข้มเสียง</b>                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1. ความเข้มเสียงมีความหมายเดียวกับพลังงานเสียง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)                                        | 1. ความเข้มเสียงมีความสัมพันธ์กับพลังงานเสียง แต่ไม่ได้มีความหมายเดียวกับพลังงานเสียง กล่าวคือ ความเข้มเสียงหมายถึงกำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ส่วนพลังงานเสียงเป็นผลคูณระหว่างกำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปกับเวลา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014) |
| 2. เมื่อมีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่ง ระดับเสียงรวมเท่ากับผลรวมของระดับเสียงย่อย(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) | 2. เมื่อมีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่ง ระดับเสียงรวมไม่เท่ากับผลรวมของระดับเสียงย่อย แต่ระดับเสียงรวมคิดจากลอการิทึมของผลรวมของความเข้มเสียงย่อย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                                                                                                             |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน                                                                                                                                                                  | แนวคิดที่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>หัวข้อ ความเข้มเสียง</b>                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3. การได้ยินเสียงขึ้นอยู่กับระดับเสียงเพียงอย่างเดียว (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)                                                                              | 3. การได้ยินเสียงนอกจากจะขึ้นอยู่กักระดับเสียงแล้วยังขึ้นอยู่กับความถี่เสียงด้วย เช่น เสียง ความถี่ 1000 เฮิรตซ์เริ่มได้ยินที่ระดับเสียงข 0 เดซิเบล ขณะที่เสียงความถี่ 100 เฮิรตซ์ เริ่มได้ยินที่ระดับเสียงประมาณ 35 เดซิเบล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014) |
| 4. เสียงดังหรือค่อยนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วของโมเลกุลที่มาชนเรา (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคนอื่น ๆ, 2549; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014) | 4. เสียงดังหรือค่อยนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มเสียง (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคนอื่น ๆ, 259; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014; Young, & Freedman, 2014)                                                                                                           |
| 5. ความดังและระดับสูงต่ำของเสียง เป็นสิ่งเดียวกัน (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคนอื่น ๆ, 2549; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014)               | 5. ความดังและระดับสูงต่ำของเสียง ไม่เป็นสิ่งเดียวกันความดังขึ้นกับความเข้มเสียง และระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นกับความถี่เสียง (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคนอื่น ๆ, 259; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014; Young, & Freedman, 2014)                                  |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน                                                                                                           | แนวคิดที่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>หัวข้อ ระดับสูงต่ำของเสียง</b>                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1. ระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นอยู่กับความสูงต่ำของ แอมพลิจูดของคลื่น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)            | 1. ระดับสูงต่ำของเสียงไม่ขึ้นอยู่กับความสูงต่ำของแอมพลิจูดของคลื่นเสียง แต่ระดับสูงต่ำของเสียงเป็นความรู้สึกที่มนุษย์ได้ยินเสียง โดย ขึ้นกับความถี่เสียง กล่าวคือ เสียงที่มีความถี่สูง มีระดับสูงต่ำของเสียงสูง เรียกว่าเสียงสูง หรือเสียงแหลม เสียงที่มีความถี่ต่ำ มีระดับสูงต่ำของเสียงต่ำ เรียกว่า เสียงต่ำ หรือเสียงทุ้ม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014) |
| <b>หัวข้อ คลื่นนิ่งของเสียง</b>                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1. คลื่นนิ่งของเสียงเกิดจากการรวมกันของคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดใด ๆ สองขบวน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) | 1. คลื่นนิ่งของเสียงเกิดจากการรวมกันของคลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่เท่ากัน แอมพลิจูดเท่ากัน และเฟสต่างกันคงที่ (คลื่นอาพันธ์) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                                                                                                                                                               |
| 2. คลื่นนิ่งของเสียงเป็นคลื่นที่อนุภาคอากาศไม่เคลื่อนไหว (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)                    | 2. คลื่นนิ่งของเสียงเป็นคลื่นที่ไม่มีการเคลื่อนที่ แต่อนุภาคตัวกลางที่ตำแหน่งปฏิบัติการจะจัดสั่นมากที่สุด ส่วนอนุภาคตัวกลางที่ตำแหน่งปฏิบัติการจะจัดอยู่นิ่ง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                                                                                                                                 |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน                                                                                                                                                                                                                   | แนวคิดที่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>หัวข้อ การสั่นพ้องของเสียง</b>                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1. การสั่นพ้องของเสียงในท่อเกิดจากการ รวมกันของคลื่นเสียงอาพันธ์ความถี่ใด ๆ สองขบวน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                                        | 1. การสั่นพ้องของเสียง ในท่อเกิดจากการรวมกันของคลื่นเสียงอาพันธ์สองขบวน โดยคลื่นจะต้องมีความถี่ เท่ากับความถี่ธรรมชาติ ของอากาศในท่อ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                                |
| <b>หัวข้อ การเกิดบีต</b>                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1. ความถี่บีตหาได้จากจำนวนครั้งที่ได้ยินทั้ง เสียงดังและเสียงค่อยรวมกัน ในหนึ่งวินาที (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)                                                                                               | 1. ความถี่บีตหาได้จากจำนวนครั้งที่ ได้ยิน เฉพาะ เสียงดังหรือเฉพาะเสียงค่อยในหนึ่ง วินาทีซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการ $\Delta f =  f_1 - f_2 $ (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                        |
| <b>หัวข้อ ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์</b>                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1. ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงเป็น ปรากฏการณ์ที่รับรู้ได้เฉพาะมนุษย์เท่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)                                                                                                        | 1. ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงเป็น ปรากฏการณ์ที่รับรู้ได้ทั้งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น ค้างคาว (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                                                                 |
| 2. จากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริง ขึ้นกับระยะห่างของผู้ฟังกับแหล่งกำเนิด (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และ คนอื่น ๆ, 2459; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014) | 2. จากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริง ขึ้นกับความเร็วสัมพัทธ์ของผู้ฟังกับแหล่งกำเนิด และความถี่ของเสียงจากแหล่งกำเนิด (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และ คนอื่น ๆ, 2459; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014) |

## 6. ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

### 6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

การศึกษาเกี่ยวกับความหมายของความพึงพอใจ จากเอกสาร บทความ และงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน มีการให้ความหมายความพึงพอใจ ไว้อย่างสอดคล้องกัน

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึก ทำที่ของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์หนึ่ง ๆ ที่มีความเอนเอียง ไปในทางบวก ถือเป็นพฤติกรรมแสดงออกของบุคคล หลังจากที่ได้รับรู้ประสบการณ์ในสิ่งที่ตรงกับความต้องการ หรือเป็นความรู้สึกมีความสุขเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย (กิติมา ปรีดีดิลก, 2532, น. 321; นิตยา ภูมิศักดิ์, 2535, น. 208; ลักษณะ สิริวัฒน์, 2539, น. 132; ปรียาพร วงศ์บุตรโรจน์, 2539, น. 13; อารี พันธมณี, 2546, น. 12; ประสาท อศิรปรีดา, 2547, น. 300; ศรีสุดา ญาติปลัม, 2547, น. 69; พรรณี ชูทัย เชนจิต, 2550, น. 14; วันวิสา ทิพวัตร, 2555, น. 74; สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2556, น. 33; หทัยรัตน์ งามจิต, 2558, น. 67; ปนัดดา ปิยะวรากร, 2559, น. 25; Applewhite, 1965, น. 6; Wolman, 1979, p. 283; Davis, 1981, p. 83)

การศึกษาความหมายของความพึงพอใจ จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้วิจัยเกิดความรู้ความเข้าใจ ความหมายของความพึงพอใจ โดยความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคล ที่แสดงออกต่อสิ่งต่าง ๆ ที่มีความเอนเอียง ไปในทางบวก หลังจากที่ได้รับรู้ประสบการณ์ในสิ่งที่ตรงกับความต้องการ

### 6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ได้เสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Maslow (1970, pp. 69 - 80) ได้เสนอทฤษฎีความต้องการตามลำดับขั้นของมาสโลว์ (Maslow's Hierachy of Need) ซึ่งเป็นทฤษฎีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง โดยตั้งอยู่บนสมมุติฐาน เกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ มีรายละเอียดดังนี้

#### 1. ลักษณะความต้องการของมนุษย์ได้แก่

1.1 ความต้องการของมนุษย์เป็นไปตามลำดับขั้นความสำคัญ โดยเริ่มจากระดับความต้องการขั้นต่ำไปสู่ระดับความต้องการขั้นสูง

1.2 มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอ เมื่อความต้องการอย่างหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้ว ก็มีความต้องการสิ่งใหม่เข้ามาแทนที่

1.3 เมื่อความต้องการระดับหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้วจะไม่สนใจให้เกิดพฤติกรรมต่อสิ่งนั้น แต่มันจะมีความต้องการในระดับสูงเข้ามาแทน และเป็นแรงจูงใจให้เกิดพฤติกรรมนั้น

1.4 ความต้องการที่เกิดขึ้นอาศัยซึ่งกันและกัน มีลักษณะควบคู่กันคือ เมื่อมีความต้องการอย่างหนึ่งยังไม่หมดสิ้นไป ก็มีความต้องการอย่างหนึ่งเกิดขึ้นมา

## 2. ลำดับความต้องการของมนุษย์ (Hierarchy of Needs) มี 5 ระดับ ได้แก่

2.1 ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการขั้นพื้นฐาน ของมนุษย์ได้แก่อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ความต้องการพักผ่อน และความต้องการทางเพศ ฯลฯ ความต้องการทางด้านร่างกายจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของคนก็ต่อเมื่อ ความต้องการ ด้านร่างกายยังไม่ได้รับการตอบสนองเลย

2.2 ความต้องการความปลอดภัยและความมั่นคง (Safety and Security Needs) ถ้าหากความต้องการทางด้านร่างกายได้รับการตอบสนองตามสมควรแล้ว มนุษย์ ก็จะมีความต้องการในขั้นต่อไปที่สูงขึ้น คือ ความต้องการเกี่ยวกับความมั่นคงปลอดภัยต่าง ๆ ความต้องการทางด้านความปลอดภัยจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการป้องกันเพื่อให้เกิดอันตรายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับร่างกาย ความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ ส่วนความมั่นคงนั้น หมายถึง ความต้องการความมั่นคงในการดำรงชีวิต เช่น ความมั่นคงในหน้าที่การงาน สถานะทางสังคม

2.3 ความ ต้องการ ทาง ด้าน สัง ค ม (Social or Belongingness Needs) หลังจากที่ได้รับตอบสนองในสองขั้นดังกล่าวแล้วก็จะมีความต้องการขั้นสูงขึ้นคือ ความต้องการทางสังคมจะเริ่มเป็นสิ่งจูงใจที่สำคัญพฤติกรรมของคน ความต้องการทางด้านนี้ จะเป็นความต้องการเกี่ยวกับการอยู่ร่วมกัน และการได้รับการยอมรับจากบุคคลอื่น และมีความรู้สึกว่ตนเองนั้นเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มทางสังคมอยู่เสมอ

2.4 ความต้องการการยอมรับและยกย่องนับถือ (Esteem Needs) ความต้องการขั้นต่อมาจะเป็นความต้องการที่ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้ คือ ความมั่นใจในตนเองในเรื่องความสามารถ ความรู้และความส าคัญในตนเอง รวมตลอดทั้งความต้องการที่จะมีฐานเด่น เป็นที่ยอมรับของบุคคลอื่น หรืออยากที่จะให้บุคคลอื่นยกย่องสรรเสริญในความรับผิดชอบในหน้าที่การงาน การดำรงตำแหน่งที่สำคัญในองค์กร

2.5 ความต้องการที่จะได้รับความสำเร็จในชีวิต (Self Actualization or Self Realization Needs) ลำดับขั้นความต้องการที่สูงสุดของมนุษย์คือ ความต้องการที่อยากจะทำประสบความสำเร็จในชีวิตตามความนึกคิด หรือความคาดหวัง ทะเยอทะยานใฝ่ฝันที่

อยากได้รับผลสำเร็จในสิ่งอันสูงส่งในทัศนะตนเป็นความปรารถนาที่จะใช้ศักยภาพสูงสุดที่ตนมีอยู่  
ทำในสิ่งที่คิดว่าสามารถที่จะเป็นหรือจะทำได้ เช่น ความต้องการบรรลุถึงสิ่งที่ตนสามารถจะเป็น  
ประสบความสำเร็จในชีวิตเป็นพนักงานตัวอย่าง เป็นต้น

Whitehead (1967) กล่าวถึง การสร้างความพึงพอใจ และขั้นตอนของการพัฒนา  
ความพึงพอใจว่ามี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นการสร้างความพึงพอใจ ขั้นการทำความกระจ่าง และขั้นการ  
นำไปใช้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### ขั้นการสร้างความพึงพอใจ

- นักเรียนรับสิ่งใหม่ ๆ มีความตื่นเต้น พอใจในการได้พบและเก็บสิ่งใหม่

#### ขั้นการทำความกระจ่าง

- นักเรียนมีการจัดระเบียบ ให้คำจำกัดความ มีการกำหนดขอบเขต ที่ชัดเจน

#### ขั้นการนำไปใช้

- นักเรียนนำสิ่งใหม่ที่ได้มาทำการประยุกต์ใช้เพื่อที่จะได้พบสิ่งใหม่ต่อไป

นอกจากนี้ Whitehead ยังกล่าวถึง การสร้างภูมิปัญญาในระบบการศึกษาว่า ได้ปฏิบัติ  
กันผิดพลาดมาโดยตลอด ซึ่งวิธีการที่จะมุ่งสู่ภูมิปัญญาได้มีวิธีการเดียว คือ เสรีภาพและวิทยาการ  
เป็นสาระสำคัญ 2 ประการของการศึกษา ประกอบกันเป็นวงจรการศึกษา 3 จังหวะ คือ  
เสรีภาพ – วิทยาการ – เสรีภาพ ซึ่งเสรีภาพในจังหวะแรกก็คือ ขั้นตอนของการสร้างความพอใจ  
วิทยาการในขั้นที่สองก็คือ ขั้นทำความกระจ่าง และเสรีภาพในช่วงสุดท้ายก็คือ ขั้นการนำไปใช้  
วงจรเหล่านี้ไม่ได้มีวงจรเดียว แต่มีลักษณะเป็นวงจรซ้อนวงจร วงจรของบุคคลตามช่วงอายุ  
สามารถจำแนกเป็นระดับ ดังนี้

ตั้งแต่เกิดจนถึงอายุ 13-14 ปี เป็นขั้นของความพอใจ

ช่วงอายุ 14 -18 ปี เป็นขั้นของการค้นหาทำความกระจ่าง

และอายุ 18 ปี ขึ้นไป เป็นขั้นของการนำไปใช้

เสรีภาพเป็นบ่อเกิดความพึงพอใจในการเรียน ดังนั้นเสรีภาพในการเรียนจึงเป็น  
การสร้าง ความพึงพอใจในการเรียน ความพึงพอใจทำให้คนมีพัฒนาการในตนเอง วิธีการของ  
การให้เสรีภาพ ในการเรียนเป็นเรื่องที่กำหนดในขอบเขตเนื้อหาได้ยาก แต่ความหมายกว้าง ๆ  
โดยทั่วไป คือ การให้นักเรียนมีโอกาสได้เลือกตัดสินใจด้วยตนเอง เป็นการควบคุมที่ผู้ถูกควบคุม  
ไม่รู้ตัว ดังนั้นแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนบางประการสำหรับการจัดการศึกษา คือ การจัดให้  
มีวิชาเลือกหลายวิชา หรือจัดให้มีหัวข้อเนื้อหาหลายเรื่องในวิชาเดียวกัน หรือมีแนวทางการเรียน  
หลายแนวทางในเรื่องเดียวกัน เป็นต้น

นอกจากนี้ Bloom (1976, pp. 72 - 74) ยังมีความเห็นว่า ถ้าสามารถจัดให้นักเรียนได้ทำพฤติกรรมตามที่ตนเองต้องการก็น่าจะคาดหวังแน่นอนว่านักเรียนทุกคนได้เตรียมใจสำหรับกิจกรรมที่ตนเองเลือกนั้น ด้วยความกระตือรือร้นพร้อมด้วยความมั่นใจ เราสามารถเห็นความแตกต่างของความพร้อมด้านจิตใจ ได้ชัดเจนจากการปฏิบัติของนักเรียนต่องานที่เป็นวิชาบังคับกับวิชาเลือก หรือสิ่งนอกโรงเรียนที่นักเรียนอยากเรียน เช่น การขับรถยนต์ การเล่นเกม หรือสิ่งที่นักเรียนอาสาสมัครและสามารถตัดสินใจได้ โดยเสรีในการเรียน การมีความกระตือรือร้น ความพึงพอใจและมีความสนใจ เมื่อเริ่มเรียนจะทำให้นักเรียนเรียนได้เร็วและมีความสำเร็จสูง

จากทฤษฎีดังกล่าวสรุปได้ว่า ความต้องการของมนุษย์นั้นมีตั้งแต่ขั้นพื้นฐานไปจนถึงขั้นสูงสุดซึ่งความต้องการนี้ก็จะเป็แรงกระตุ้นให้มนุษย์เกิดการต่อสู้ เพื่อให้ตนเองได้รับความพึงพอใจจากสิ่งที่ต้องการ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการ ทั้งด้านร่างกายหรือจิตใจ ไม่ว่าจะเป็นของรางวัล หรือการชมเชย ย่อมส่งผลให้นักเรียนมีกำลังแรงใจที่จะกระทำสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีความสุข

### 6.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

การศึกษาวิธีการวัดความพึงพอใจของนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน พบประเด็นของวิธีการวัดที่คล้ายกัน ซึ่งมาตรวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และการสังเกต โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สุรพล พยอมแย้ม , 2548; ภณิดา ชัยปัญญา, 2541; ไมตรี พงศาปาน, 2554)

1. การใช้แบบสอบถาม โดยผู้ออกแบบสอบถามจัดทำแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็น สามารถกระทำได้ในลักษณะกำหนดคำตอบให้เลือกหรือตอบคำถามอิสระ ซึ่งวิธีการนี้นิยมใช้ในกรณีที่ต้องการข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมาก ๆ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวัดทัศนคติ และมาตรวัดทัศนคติที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ มาตราส่วน แบบลิเคิร์ท ประกอบด้วยข้อความที่แสดงถึงทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่มีคำตอบแสดงถึงระดับความรู้สึก 5 คำตอบ เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ทั้งนี้ ขวลิขิต ชูกำแพง (2553, น. 112 - 113) ได้ให้เสนอแนะ ลักษณะสำคัญสำหรับมาตราส่วนแบบ Likert 3 ประการ ดังนี้

1) มีระดับความเข้มข้นให้ผู้ตอบ เลือกตอบตามความคิดเห็น เหตุผลสภาพความเป็นจริงตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป

2) ระดับที่เลือกอาจเป็นชนิดที่มีทั้งด้านบวกและด้านลบในข้อเดียวกัน หรือมีเฉพาะด้านบวกหรือมีเฉพาะด้านลบ โดยที่อีกด้านหนึ่งจะเป็นศูนย์หรือระดับน้อยมาก

3) บางข้อมีลักษณะเชิงนิมาน (Positive Scale) บางข้อมีลักษณะ เชิงนิเสธ คุณลักษณะด้านจิตพิสัยออกมาในเชิงปริมาณได้

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยตรงซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดี ทั้งนี้ผู้วิจัยจะต้องออกไปสอบถามโดยการพูดคุย โดยมีการเตรียมแผนงานล่วงหน้า เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมากที่สุด ทั้งนี้ ขวลิขิต ชูกำแพง (2553, น. 112 - 113) ได้ยกตัวอย่าง การวัดความสนใจในการเรียนวิชาภาษาไทยของเรียน อาจจะใช้การถามคำถามว่า นักเรียนเคยอ่านหนังสือที่ดี อะไรบ้าง คำตอบของนักเรียนจะทำให้ครูประเมินได้ว่านักเรียนความสนใจการเรียนวิชาภาษาไทยมากน้อยเพียงใด

3. การสังเกต เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดจา กริยา ท่าทาง วิธีนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน ทั้งนี้ ขวลิขิต ชูกำแพง (2553, น. 112 - 113) ได้ยกตัวอย่าง การวัดความสนใจต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยครูอาจสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

- 1) การมาเรียน
- 2) การถามตอบในชั้นเรียน
- 3) การทำการบ้านและการส่งงาน
- 4) อ่านหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
- 5) เข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Day (1997, p. 54) ได้เสนอแนวความคิดสำหรับการประเมินผลความพึงพอใจไว้ 2 แบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินผลทางจิตวิทยา (Psychological Interpretation of Satisfaction) แนวทางนี้มอง Satisfaction ว่าเป็นการยืนยัน (Confirmation) ของความคาดหวังที่เกิดขึ้น (Prior Expectation) ความพึงพอใจหรือไม่พอใจขึ้นกับการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ได้รับ ซึ่งก็คือแนวทางของ Disconfirmation Process

2. การประเมินผลตามทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory Interpretation of Satisfaction) เป็นการอ้างอิงทฤษฎีในด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีสมมุติฐานว่าผู้บริโภคที่มีเหตุผล (Rational Consumer) ซึ่งต้องการทำให้ตนบรรลุความพอใจสูงสุดเมื่อเกิดอรรถประโยชน์สูงสุด และทำให้เกิด Ideal Point หน้าน้อยกว่า เท่ากับหรือมากกว่า และระยะห่างมากน้อยเพียงใด โดย การนำมาเปรียบเทียบกับความคาดหวัง (Expectation) และการรับรู้ (Perception)

การศึกษาการวัดและประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ จากเอกสาร และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการวัดและประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยเลือกการใช่แบบสอบถาม มาตรฐาน แบบลิเคิร์ต ที่มีคำตอบแสดงถึงระดับความรู้สึก 5 คำตอบ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด เนื่องจากแบบสอบถามสามารถเก็บข้อมูลของนักเรียนได้ครบทุกคน โดยใช้เวลาไม่มาก

จากการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในประเด็นสำคัญ ๆ ตามหัวข้อต่างๆ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้วิธีการดำเนินการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังบทถัดไปนี้

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ครั้งนี้ เป็นการวิจัยผสมผสานวิธี (Mixed Method Research) แบบคู่ขนาน (Concurrent) ใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเป็นวิธีหลัก และวิธีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นวิธีรอง ตามความมุ่งหมายที่กำหนดไว้ คือ 1) เพื่อพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ และ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ โดยพิจารณาประเด็น ดังนี้ 2.1) ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2.2) ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2.3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ตาราง 2 วิธีดำเนินการวิจัย

| ความมุ่งหมาย                                                                                                                              | วิธีดำเนินการวิจัย                                                                                                                                                                                                                                                                  | เครื่องมือ                                                                                                                                                                                                                                                                                     | วิธีวิเคราะห์ข้อมูล                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. เพื่อพัฒนา<br>ชุดการทดลอง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง เพื่อ<br>ส่งเสริมความเข้าใจ<br>แนวคิด<br>ทางวิทยาศาสตร์และ<br>การคิดเชิงคำนวณ | 1. การศึกษาเอกสาร<br>ที่เกี่ยวข้องกับ<br>การจัดการเรียนรู้<br>วิทยาศาสตร์<br>การจัดการเรียนรู้<br>แบบสืบเสาะ<br>หาความรู้ การคิด<br>เชิงคำนวณ<br>สื่อการจัดการเรียนรู้<br>แนวคิดทาง<br>วิทยาศาสตร์ และ<br>ความพึงพอใจต่อ<br>การเรียนรู้<br>2. การวิจัยเชิงสำรวจ<br>โดยใช้แบบประเมิน | 1. ชุดการทดลอง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง<br>2. แผนการจัด<br>การเรียนรู้ ด้วย<br>ชุดการทดลอง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง<br>3. แบบประเมิน<br>ชุดการทดลอง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง<br>4. แบบประเมิน<br>แผนการจัด<br>การเรียนรู้ ด้วย<br>ชุดการทดลอง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง | 1. สถิติ ค่าเฉลี่ย ของ<br>คะแนนประเมิน<br>คุณภาพ ชุดการ<br>ทดลองวิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง และ<br>คะแนนประเมิน<br>ความเหมาะสมของ<br>แผนการจัด<br>การเรียนรู้ ด้วยชุด<br>การทดลอง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง |

ตาราง 2` (ต่อ)

| ความมุ่งหมาย                                                                                                                                      | วิธีดำเนินการวิจัย                                                                                                                                                                                                                                                                            | เครื่องมือ                                                                                                                             | วิธีวิเคราะห์ข้อมูล                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. เพื่อศึกษาผลการใช้<br>ชุดการทดลอง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง เพื่อ<br>ส่งเสริมความเข้าใจ<br>แนวคิด<br>ทางวิทยาศาสตร์และ<br>การคิดเชิงคำนวณ |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2.1 ความเข้าใจ<br>แนวคิดทาง<br>วิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง ของ<br>นักเรียนระดับชั้น<br>มัธยมศึกษา<br>ตอนปลาย                                      | 1. การศึกษาเอกสาร<br>ที่เกี่ยวข้องกับ<br>การจัดการเรียนรู้<br>วิทยาศาสตร์<br>การจัดการเรียนรู้<br>แบบสืบเสาะ<br>หาความรู้ การคิด<br>เชิงคำนวณ<br>สื่อการจัดการเรียนรู้<br>แนวคิดทาง<br>วิทยาศาสตร์ และ<br>ความพึงพอใจต่อ<br>การเรียนรู้<br>2. การวิจัยเชิงสำรวจ<br>โดยใช้แบบวัด<br>ความเข้าใจ | 1. แบบวัดความเข้าใจ<br>แนวคิด<br>ทางวิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง นักเรียน<br>ระดับชั้นมัธยมศึกษา<br>ตอนปลาย (ก่อนเรียน<br>และหลังเรียน) | 1. สถิติ ค่าเฉลี่ย<br>ค่าร้อยละ<br>ค่า Normalized Gain<br>( $<g>$ ) และ ค่าที่<br>ชนิด paired samples<br>test เกี่ยวกับ<br>ความเข้าใจแนวคิด<br>ทางวิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง ของ<br>นักเรียนระดับชั้น<br>มัธยมศึกษา<br>ตอนปลาย<br>2. การวิเคราะห์เนื้อหา<br>(Content Analysis) |

ตาราง 2` (ต่อ)

| ความมุ่งหมาย                                                                                                                                   | วิธีดำเนินการวิจัย                                                                                                                                                                                         | เครื่องมือ                                                                                        | วิธีวิเคราะห์ข้อมูล                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.2 ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย                                                                           | 1. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์<br>วิทยาศาสตร์<br>การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การคิดเชิงคำนวณ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์<br>2. การวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้แบบวัดความสามารถ | 1. แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ก่อนเรียนและหลังเรียน) | 1. สถิติ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่า Normalized Gain ( $<g>$ ) และ ค่าที่ชนิด paired samples test เกี่ยวกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย<br>2. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) |
| 2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ | 1. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์<br>การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การคิดเชิงคำนวณ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์<br>2. การวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม                       | 1. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง          | 1. สถิติ ค่าเฉลี่ย ของคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง                                                                                                               |

**ระยะที่ 1 เพื่อพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์และแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

### **1.1 ผู้ให้ข้อมูล**

ผู้ให้ข้อมูลการประเมินเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ จากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งหมด 5 ท่าน เลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ดังนี้

- 1) ผู้เชี่ยวชาญ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 1 ท่าน
- 2) ผู้เชี่ยวชาญ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน
- 3) ผู้เชี่ยวชาญ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสมมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 1 ท่าน
- 4) ผู้เชี่ยวชาญ ด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 1 ท่าน
- 5) ผู้เชี่ยวชาญ ด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 1 ท่าน

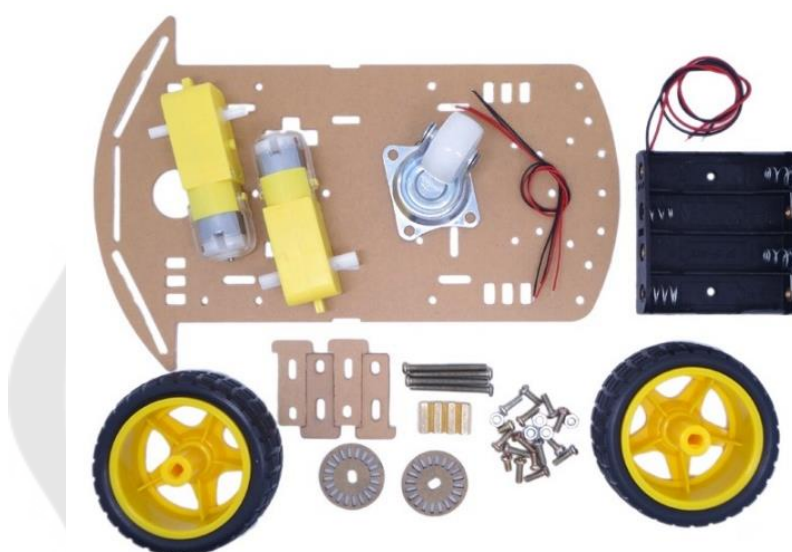
### **1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

**1.2.1 ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

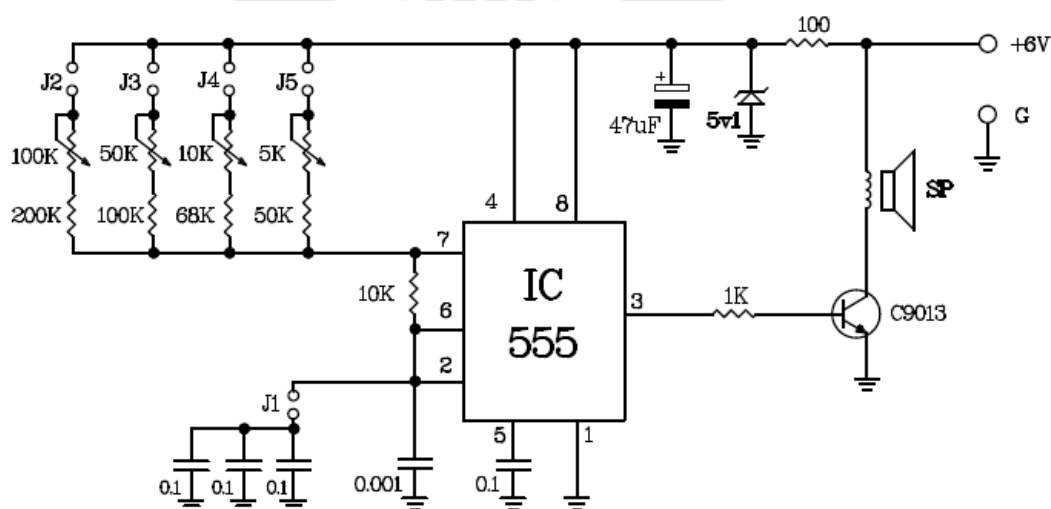
การสร้างชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 2: วิทยาศาสตร์กายภาพ และสภาพปัจจุบันและปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โดยใช้ร่วมกับวิธีจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5 ขั้นตอน ประเภท Guided Inquiry โดยรายละเอียดของการเตรียมการแต่ละอุปกรณ์ ดังนี้

2.1) รถกำเนิดเสียง จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนที่ พร้อมให้กำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่เสียงในระดับเสียงต่าง ๆ ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกอุปกรณ์ชุดคิทสำหรับทำรถ ซึ่งสามารถนำมาดัดแปลงเป็นรถกำเนิดเสียงได้ ดังภาพประกอบ 3 ส่วนอุปกรณ์กำเนิดเสียงนั้น ผู้วิจัยเลือกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ IC 555 เนื่องจากสามารถควบคุมและขยายเสียงให้มีหลากหลายความถี่ได้ โดยผู้วิจัยเลือกแหล่งกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่เสียง ในระดับเสียงต่าง ๆ ได้ 5 ความถี่ ได้แก่ 0 เฮิรตซ์ 5,000 เฮิรตซ์ 10,000 เฮิรตซ์ 15,000 เฮิรตซ์ และ 20,000 เฮิรตซ์ ซึ่งมีแผนผังวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 3 อุปกรณ์ชุดคิทที่นำมาดัดแปลงเป็นรถกำเนิดเสียง



ภาพประกอบ 4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำเนิดเสียงปรับความถี่ได้

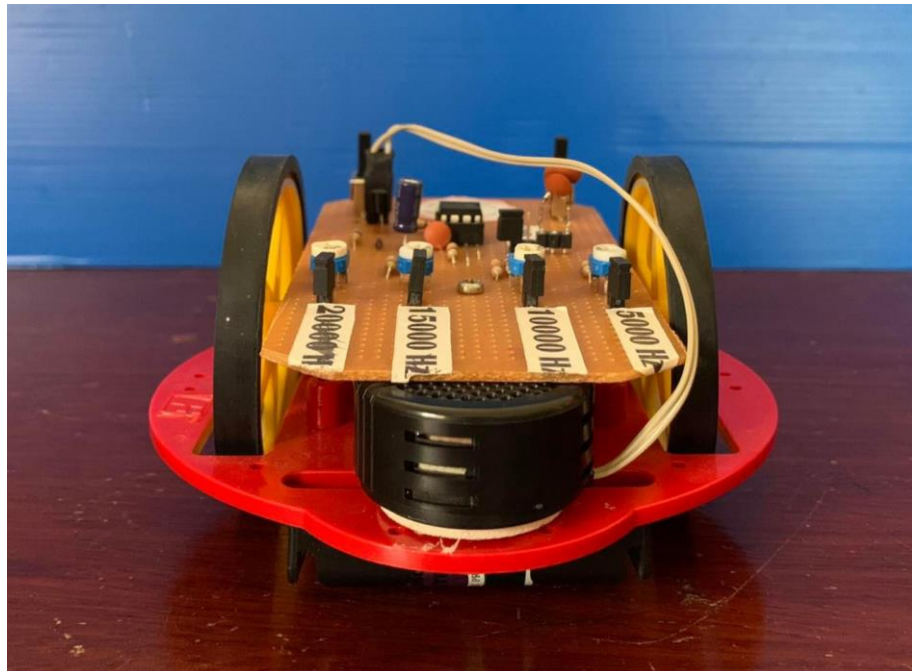
2.2) เครื่องวัดเสียง จะต้องสามารถวัดความดังของเสียง และความถี่ของเสียงได้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูล พบว่า อุปกรณ์ทั่วไปวัดความดังของเสียงหรือความถี่ของเสียง ได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น อุปกรณ์ที่สามารถวัดได้ทั้ง 2 ค่า จะมีราคาสูง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและสอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านดนตรี ถึงการตั้งเสียงของเครื่องดนตรี เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับความถี่ของเสียงตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือสามารถวัดความดังของเสียง และความถี่ของเสียงได้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและทดลองใช้งานแอปพลิเคชันที่มีฟังก์ชันการทำงานในลักษณะเดียวกัน เพื่อเลือกแอปพลิเคชันที่ดีที่สุดมาใช้งาน

2.3) คู่มือครู จะต้องช่วยให้ครูสามารถนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ต่าง ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การคิดเชิงคำนวณ การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.4) คู่มือนักเรียน จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ได้อย่างถูกต้อง และสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยการศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดการเรียนรู้ ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2: วิทยาศาสตร์กายภาพ และเนื้อหา เรื่อง เสียง และการคิดเชิงคำนวณ

3) ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

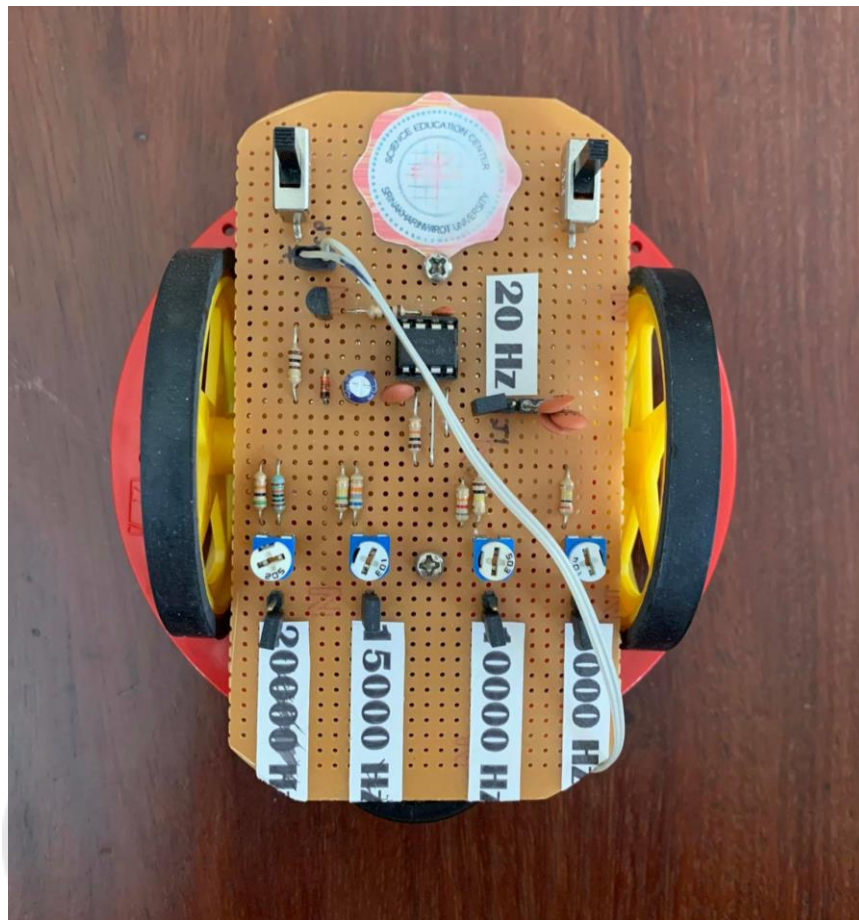
3.1) รดก้านัดเสียง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 5 ชิ้น ได้แก่ (1) วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำเนิดเสียงปรับความถี่ของเสียงได้ (2) รังถ่าน (3) ล้อขนาดใหญ่ (4) มอเตอร์เกียร์ และ (5) แผ่นลำตัวหุ่น ผู้วิจัยนำมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้รถที่สามารถเคลื่อนที่ได้ และทำการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำเนิดเสียงปรับความถี่ของเสียงได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ จนได้รถกำเนิดเสียง ดังภาพประกอบ 5 - 8



ภาพประกอบ 5 รถกำเนิดเสียง ด้านหน้า



ภาพประกอบ 6 รถกำเนิดเสียง ด้านหลัง



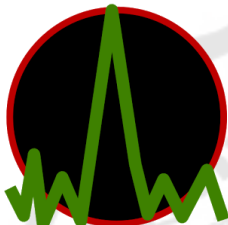
ภาพประกอบ 7 รถกำเนิดเสียง ด้านบน



ภาพประกอบ 8 รถกำเนิดเสียง ด้านข้าง

3.2) เครื่องวัดเสียง ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา และทดลองใช้งานแอปพลิเคชันที่มีฟังก์ชันการทำงานในลักษณะเดียวกัน โดยจะต้องวัดความดังของเสียงและความถี่ของเสียงได้พร้อมกัน นอกจากนี้ยังต้องสามารถอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ง่าย ซึ่งได้ผลการการศึกษา และทดลองใช้งาน ดังตาราง 3 และ 4

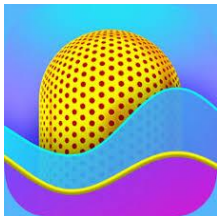
ตาราง 3 แอปพลิเคชันวัดความดังของเสียงและความถี่ของเสียง ระบบปฏิบัติการ Android

| แอปพลิเคชัน                                                                                                           | รายละเอียด                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Spectrum Analyzer<br>                | 1. แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟความดังของเสียงและความถี่ของเสียง<br>2. แสดงค่าความถี่ของเสียงสูงสุด<br>3. ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ Android Version 2.2 ขึ้นไป<br>4. ไม่เสียค่าใช้จ่าย                          |
| Advanced Spectrum Analyzer PRO<br> | 1. แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟความดังของเสียงและความถี่ของเสียง<br>2. สามารถเปรียบเทียบความถี่ของเสียงสูงสุดในแต่ละครั้งได้<br>3. ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ Android Version 3.0 ขึ้นไป<br>4. ไม่เสียค่าใช้จ่าย |

ตาราง 4 แอปพลิเคชันวัดความดังของเสียงและความถี่ของเสียง ระบบปฏิบัติการ iOS

| แอปพลิเคชัน                                                                                              | รายละเอียด                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Spectrum Analyzer<br> | 1. แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟความดังของเสียงและความถี่ของเสียง<br>2. ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ iOS 9.3 ขึ้นไป<br>3. ไม่เสียค่าใช้จ่าย |

ตาราง 4 (ต่อ)

| แอปพลิเคชัน                                                                                                                                      | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Audio Spectrum Analyzer HD PRO<br>                              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟความถี่ของเสียงและความถี่ของเสียง</li> <li>2. แสดงค่าความถี่ของเสียงสูงสุด</li> <li>3. แสดงค่าความถี่ของเสียงสูงสุด และความถี่ของเสียงต่ำสุด</li> <li>4. ใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการ iOS 8.0 ขึ้นไป</li> <li>5. ไม่เสียค่าใช้จ่าย</li> </ol> |
| FFT Plot – Real Time<br>Sound Frequency Analyzer<br>           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟความถี่ของเสียงและความถี่ของเสียง</li> <li>2. แสดงค่าความถี่ของเสียงสูงสุด</li> <li>3. แสดงค่าความถี่ของเสียงเฉลี่ย</li> <li>4. ใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการ iOS 7.0 ขึ้นไป</li> <li>5. ราคา 170 บาท</li> </ol>                               |
| Spectrum Analyzer – Real Time<br>Sound Frequency Analyzer<br> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟความถี่ของเสียงและความถี่ของเสียง</li> <li>2. แสดงค่าความถี่ของเสียงสูงสุด</li> <li>3. แสดงค่าความถี่ของเสียงเฉลี่ย</li> <li>4. ใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการ iOS 7.0 ขึ้นไป</li> <li>5. ราคา 529 บาท</li> </ol>                               |
| Octave RTA - Real Time<br>Sound Frequency Analyzer<br>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟความถี่ของเสียงและความถี่ของเสียง</li> <li>2. แสดงค่าความถี่ของเสียงสูงสุด</li> <li>3. แสดงค่าความถี่ของเสียงเฉลี่ย</li> <li>4. ใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการ iOS 7.0 ขึ้นไป</li> <li>5. ราคา 170 บาท</li> </ol>                               |

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกแอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer HD PRO เนื่องจากแอปพลิเคชันสามารถแสดงค่าความถี่ของเสียงสูงและความดังของเสียง ได้พร้อมกันในรูปแบบของกราฟเส้นหรือกราฟแท่ง ซึ่งทำให้ง่ายต่อสังเกต และวัดค่าเพื่อการเก็บข้อมูล

3.3) คู่มือครู ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างด้วยตนเอง โดยคู่มือครูประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจ การคิดเชิงคำนวณ จำนวน 6 แผน แบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ก่อนเรียนและหลังเรียน) และแบบวัดความสามารถ ในการคิด เชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.4) คู่มือนักเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างด้วยตนเอง โดยคู่มือนักเรียน ประกอบไปด้วย ใบความรู้ ใบบันทึกผลการทดลอง และแบบฝึกหัด

4) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาคุณภาพของชุดการทดลอง วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นประกอบด้วย รถกำเนิดเสียง เครื่องวัดเสียง ไม้มตร นาฬิกาจับเวลา เทอร์โมมิเตอร์ คู่มือครู และคู่มือนักเรียน ที่สร้างเสร็จแล้ว แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

5) ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ประเมินคุณภาพของชุดการทดลอง วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นประกอบด้วย รถกำเนิดเสียง เครื่องวัดเสียง ไม้มตร นาฬิกาจับเวลา เทอร์โมมิเตอร์ คู่มือครู และคู่มือนักเรียน

6) ผู้วิจัยนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปทดลองใช้ (Try Out) กับ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียน เรื่อง เสียง มาก่อน จำนวนนักเรียน 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร จากนั้นปรับปรุงแก้ไขชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

### 1.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การ

จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิด

ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2) ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ โดยใช้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5 ขั้นตอน ประเภท Guided Inquiry ประกอบด้วย 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ความเข้มเสียง 2) ระดับสูงต่ำ

ของเสียง 3) คลื่นนิ่งของเสียง 4) การสั่นพ้องของเสียง 5) การเกิดบีต และ 6)

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลา ในการจัดการ

เรียนรู้ 2 คาบเรียน รวมทั้งหมด 12 คาบเรียน

3) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความเหมาะสมของภาษาการลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุง ตามคำแนะนำ

ของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

4) ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ประเมินความเหมาะสมของ แผนการ

จัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง จากนั้นนำผลการตรวจสอบมา

คำนวณหาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์

เรื่อง เสียง

5) จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ตาม

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

6) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา

2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่เคย ผ่าน

การเรียน เรื่อง เสียง มาก่อน จำนวนนักเรียน 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

โรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร จากนั้นปรับปรุงแก้ไข แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลอง

วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

### 1.2.3 แบบประเมินชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

การสร้างแบบประเมินชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ผู้วิจัยดำเนินการ ตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) ดำเนินการสร้างแบบประเมินชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ โดยใช้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5 ขั้นตอน ประเภท Guided Inquiry ประกอบด้วย 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ความเข้มเสียง 2) ระดับสูงต่ำของเสียง 3) คลื่นนิ่งของเสียง 4) การสั่นพ้องของเสียง 5) การเกิดบีต และ 6) ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 2 คาบเรียน รวมทั้งหมด 12 คาบเรียน
- 3) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความเหมาะสมของภาษาการลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุง ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

### 1.2.4 แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

การสร้างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) ดำเนินการสร้างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ โดยใช้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบ 5 ขั้นตอน ประเภท Guided Inquiry ประกอบด้วย 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ความเข้มเสียง 2) ระดับสูงต่ำของเสียง 3) คลื่นนิ่งของเสียง 4) การสั่นพ้องของเสียง 5) การเกิดบีต และ 6) ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 2 คาบเรียน รวมทั้งหมด 12 คาบเรียน

- 3) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความเหมาะสมของภาษาการลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุง ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

### 1.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น และผ่านการปรับปรุงแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยผู้วิจัยทำบันทึกข้อความถึงมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อออกหนังสือขอความร่วมมือไปยังผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ จากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสมมิตร (ฝ่ายมัธยม) ทั้งหมด 5 ท่าน

### 1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1.4.1 แบบประเมินชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS PC Windows Version 26 เพื่อคำนวณค่าสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินคุณภาพที่ผ่านการทดสอบสมมติฐานจะต้องมีค่าระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก

ที่สร้างเสร็จแล้ว โดยทำการประเมินคุณภาพของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ใน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านการใช้งาน ด้านแอปพลิเคชัน ด้านคู่มือการใช้งาน และด้านประโยชน์และความคุ้มค่า จากนั้นนำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาคุณภาพของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

โดยค่าคุณภาพของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ดังนี้

- 5 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าคะแนนคุณภาพ

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีคุณภาพมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

#### 1.4.2 แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS PC Windows Version 26 เพื่อคำนวณค่าสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินความเหมาะสมที่ผ่านการทดสอบสมมติฐาน จะต้องมีความระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

จากนั้นปรับปรุงแก้ไขชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

โดยค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าคะแนนความเหมาะสม

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

## 1.5 สถิติที่เกี่ยวข้อง

### 1.5.1 สถิติในการทดสอบสมมติฐาน

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อกำหนดค่าสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย มีรายละเอียดดังนี้

การหาค่าเฉลี่ย ได้จากการใช้สูตร

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

|       |           |     |                      |
|-------|-----------|-----|----------------------|
| เมื่อ | $\bar{x}$ | แทน | คะแนนเฉลี่ย          |
|       | $\sum x$  | แทน | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด |
|       | $n$       | แทน | จำนวนคนทั้งหมด       |

## ระยะที่ 2 เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

การศึกษาค้นคว้าการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ พิจารณาประเด็น ดังนี้

1. ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

### 2.1 กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียน เรื่อง เสียง มาก่อน จำนวนนักเรียนประมาณ 32 คน โรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร ได้จากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling)

## 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

### 2.2.1 แบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ก่อนเรียนและหลังเรียน)

การสร้างแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ก่อนเรียนและหลังเรียน) ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง เสี่ยง และการสร้างแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ดังตาราง 5

ตาราง 5 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบของแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

| ผลการเรียนรู้                                                                                                   | จำนวนคาบสอน<br>(คาบ) | จำนวนข้อสอบ<br>(ข้อ) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>ตอนที่ 1 ความเข้มเสี่ยง</b>                                                                                  |                      |                      |
| อธิบาย ความ เข้ม เสี่ยง และ คำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง                                                    | 2                    | 3                    |
| <b>ตอนที่ 2 ระดับสูงต่ำของเสี่ยง</b>                                                                            |                      |                      |
| อธิบายระดับสูงต่ำของเสี่ยง และนำความรู้ เรื่องเสี่ยงไปใช้ในชีวิตประจำวัน                                        | 2                    | 3                    |
| <b>ตอนที่ 3 คลื่นนิ่งของเสี่ยง</b>                                                                              |                      |                      |
| สังเกตและ อธิบายการเกิดคลื่นนิ่ง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้ เรื่องเสี่ยง ไปใช้ในชีวิตประจำวัน | 2                    | 3                    |

ตาราง 6 (ต่อ)

| ตอนที่ 4 การสั่นพ้องของเสียง                                                                                                                                           |           |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| ทดลองและอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศ<br>ในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกตและ คำนวณ<br>ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียง<br>ไปใช้ในชีวิตประจำวัน | 2         | 3         |
| ตอนที่ 5 การเกิดบีต                                                                                                                                                    |           |           |
| สังเกตและ อธิบายการเกิดบีต คำนวณปริมาณ ต่าง<br>ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้<br>ในชีวิตประจำวัน                                                         | 2         | 3         |
| ตอนที่ 6 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์                                                                                                                                           |           |           |
| สังเกตและ อธิบายการเกิดปรากฏการณ์<br>ดอปเพลอร์ คำนวณ ปริมาณ ต่าง ๆ<br>ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้<br>ในชีวิตประจำวัน                                    | 2         | 3         |
| <b>รวม</b>                                                                                                                                                             | <b>12</b> | <b>18</b> |

2) ดำเนินการสร้างแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง  
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ โดยเป็นแบบอัตนัย  
ทั้งหมด 6 ตอน ได้แก่ 1) ความเข้มเสียง 2) ระดับสูงต่ำของเสียง 3) คลื่นนิ่งของเสียง  
4) การสั่นพ้องของเสียง 5) การเกิดบีต และ 6) ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ แต่ละตอนประกอบด้วย  
ข้อคำถาม 3 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวมทั้งหมด 54 คะแนน

3) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความเหมาะสมของภาษา  
การลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุง  
ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

4) ให้ผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์  
ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ประเมินความสอดคล้อง  
ระหว่างรายการประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง  
และประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อคำถาม จากนั้น

นำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาค่าความสอดคล้องระหว่างรายการประเมิน กับนิยามศัพท์เฉพาะของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง และค่าความเหมาะสม ของเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ในแต่ละข้อคำถาม

5) ผู้วิจัยนำแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ไปทดลองใช้ (try Out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวนนักเรียน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร จากนั้นปรับปรุงแก้ไข

## 2.2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย

การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การคิดเชิงคำนวณ จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2) ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ โดยเป็นแบบอัตนัย ทั้งหมด 4 สถานการณ์ ได้แก่ 1) การเดินทาง 2) การจัดกระเป๋าเดินทาง 3) ถุงช้อปปิ้ง และ 4) ห้องน้ำในฝัน แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย ข้อคำถาม 4 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวมทั้งหมด 48 คะแนน

3) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความเหมาะสมของภาษา การลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุง ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

4) ให้ผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาประเมินความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และประเมิน ความเหมาะสมของสถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ในคำถามแต่ละข้อ จากนั้นนำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ เฉพาะของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และค่าความเหมาะสมของสถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ในแต่ละข้อคำถาม

5) ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวนนักเรียน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร จากนั้นปรับปรุงแก้ไข

### 2.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์การคิดเชิงคำนวณ ความพึงพอใจ จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2) ดำเนินการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โดยแบบสอบถาม ประกอบด้วย การสอบถามความพึงพอใจใน 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการเรียนรู้ 2) ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และ 3) ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้

3) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความเหมาะสมของการลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

4) ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ฯ ในคำถามแต่ละข้อ จากนั้นนำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ฯ ในแต่ละข้อคำถาม

5) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวนนักเรียน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร

## 2.3 การเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น และผ่านการปรับปรุงแก้ไขจากการศึกษานำร่องแล้ว ไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวนนักเรียน 32 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยโรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ผู้วิจัย ขอนหนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย และใบยินยอม โดยมีหมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G-159/2563E ดังภาคผนวก ง ใบรับรองจริยธรรมการวิจัย
- 2) ผู้วิจัยทำบันทึกข้อความ ถึงมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อออกหนังสือขอความร่วมมือไปยังผู้อำนวยการโรงเรียน เพื่อขอความอนุเคราะห์ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวนนักเรียน 32 คน โรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร
- 3) ผู้วิจัยชี้แจงโครงการวิจัย และขอความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล จากนั้นทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียน ด้วยแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง และแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น
- 4) ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ทั้งหมด 6 แผน แผนละ 2 คาบเรียน รวมทั้งหมด 12 คาบเรียน
- 5) ทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียน ด้วยแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง และแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

## 2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 2.4.1 แบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ก่อนเรียนและหลังเรียน)

ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง (ก่อนเรียนและหลังเรียน) ผู้วิจัยกำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS PC Windows Version 26 เพื่อ คำนวณ ค่าสถิติ โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ค่า Normalized gain ( $\langle g \rangle$ ) และค่าที่ ชนิด Paired Samples Test

## 2.4.2 แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ก่อนเรียนและหลังเรียน)

ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ก่อนเรียนและหลังเรียน) ผู้วิจัยกำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS PC Windows Version 26 เพื่อคำนวณค่าสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่า Normalized gain ( $\langle g \rangle$ ) และค่าที่ชนิด Paired Samples Test

## 2.4.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ผู้วิจัยกำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS PC Windows Version 26 เพื่อคำนวณค่าสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย

## 2.5 สถิติที่เกี่ยวข้อง

### 2.5.1 สถิติในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ โดยหาค่า IOC ได้จากการใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง  
 $\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อคำนวณค่าสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ได้จากการใช้สูตร

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

เมื่อ  $\bar{x}$  แทน คะแนนเฉลี่ย  
 $\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 n แทน จำนวนคนทั้งหมด

### 2.5.2 สถิติในการทดสอบสมมติฐาน

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยงแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการเรียนรู้ ตัวชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง เพื่อคำนวณค่าสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ได้จากการใช้สูตร

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

|       |           |     |                      |
|-------|-----------|-----|----------------------|
| เมื่อ | $\bar{X}$ | แทน | คะแนนเฉลี่ย          |
|       | $\sum X$  | แทน | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด |
|       | $n$       | แทน | จำนวนคนทั้งหมด       |

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยงและแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เพื่อคำนวณค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) ได้จากการใช้สูตร

$$\langle g \rangle = (\%Postest) - (\%Pretest) / (100\%) - (\%Pretest)$$

|       |                     |     |                                              |
|-------|---------------------|-----|----------------------------------------------|
| เมื่อ | $\langle g \rangle$ | แทน | ค่า Normalized Gain                          |
|       | %Postest            | แทน | ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์ |
|       | %Pretest            | แทน | ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์ |

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยงและแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เพื่อคำนวณค่าที่ ชนิด paired samples test ได้จากการใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{D}}{s_{\bar{D}}}$$

|       |               |     |                                                |
|-------|---------------|-----|------------------------------------------------|
| เมื่อ | $t$           | แทน | ค่าที่ ชนิด Paired Samples Test                |
|       | $\bar{D}$     | แทน | ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของค่าของตัวแปรแต่ละคู่ |
|       | $s_{\bar{D}}$ | แทน | ค่าความแปรปรวนของ $\bar{D}$                    |

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เพื่อ  
คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง ได้จากการใช้สูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right)$$

เมื่อ  $\alpha$  แทน สัมประสิทธิ์ความเที่ยง

k แทน จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

$S_i^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

$S_x^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

#### จริยธรรมของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยทางสาขาสังคมศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยในมนุษย์ จึงจำเป็นต้องมีความระมัดระวัง และความละเอียดรอบคอบ ในการดำเนินการทำวิจัย เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อกลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ขอหนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย และใบยินยอม โดยมีหมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G-159/2563E ดังภาคผนวก ง ใบรับรองจริยธรรมการวิจัย และก่อนที่ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน กับโรงเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ สำหรับกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ให้แสดงความยินยอมในใบยินยอม (Consent Form) สำหรับการเก็บข้อมูลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยผู้วิจัยจะไม่ทำการละเมิดสิทธิของกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อเริ่มวิจัยจะมีการชี้แจงความมุ่งหมายของการวิจัยให้กับกลุ่มตัวอย่างทราบ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้ผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับ ชื่อที่ใช้ในงานวิจัยจะเป็นนามสมมติ และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากใบบันทึกผลการทดลอง แบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ จะใช้นามสมมติในการรายงานผลการวิจัย เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อกลุ่มตัวอย่างและผู้เกี่ยวข้อง ภายหลังการวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

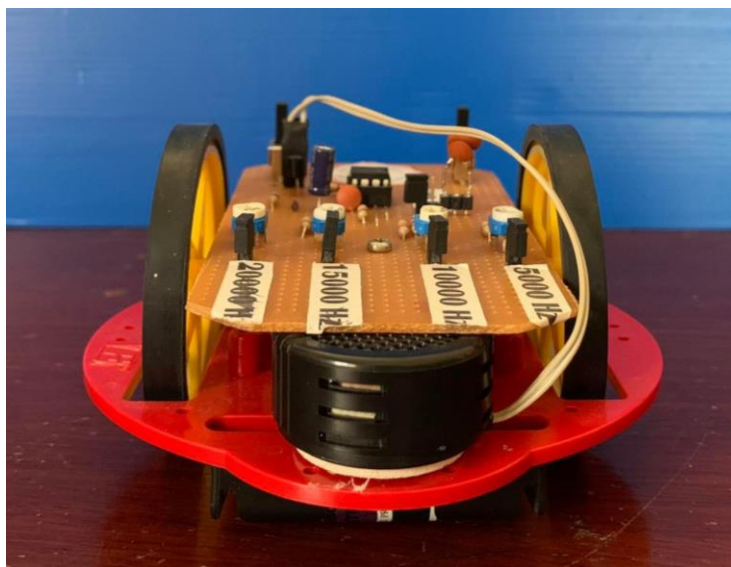
การวิเคราะห์ข้อมูล ผลการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยจะแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน คือ 1) ผลการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ และ 2) ผลการศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ โดยพิจารณาประเด็นดังนี้ 2.1) ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2.2) ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2.3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

#### **ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงคำนวณ**

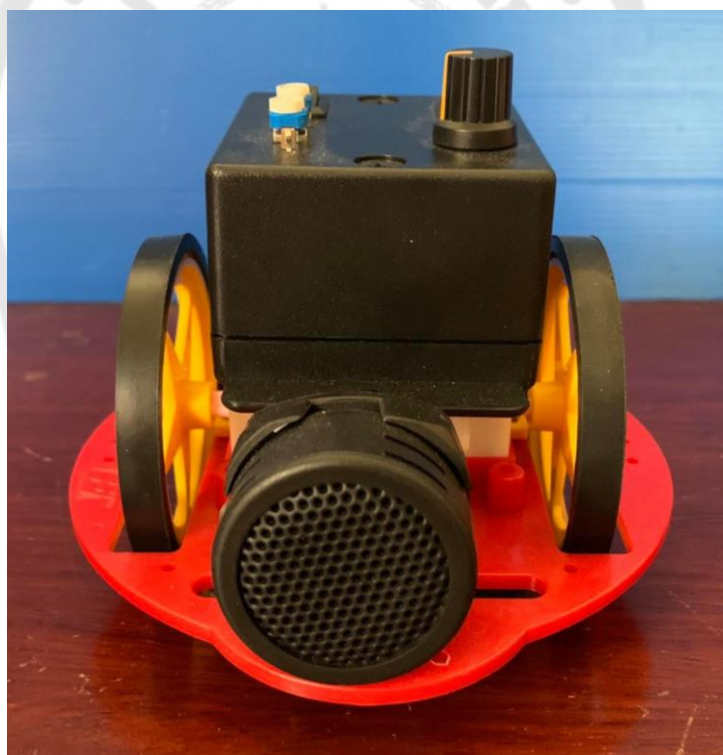
ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง และแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง แล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญประเมิน จากนั้นผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไปนี้

##### **1. ผลการประเมินคุณภาพชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการทดลอง วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ทั้งหมด 3 โมเดล ดังภาพประกอบ 9 - 11 โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาแต่ละโมเดล ดังนี้



ภาพประกอบ 9 โมเดลที่ 1

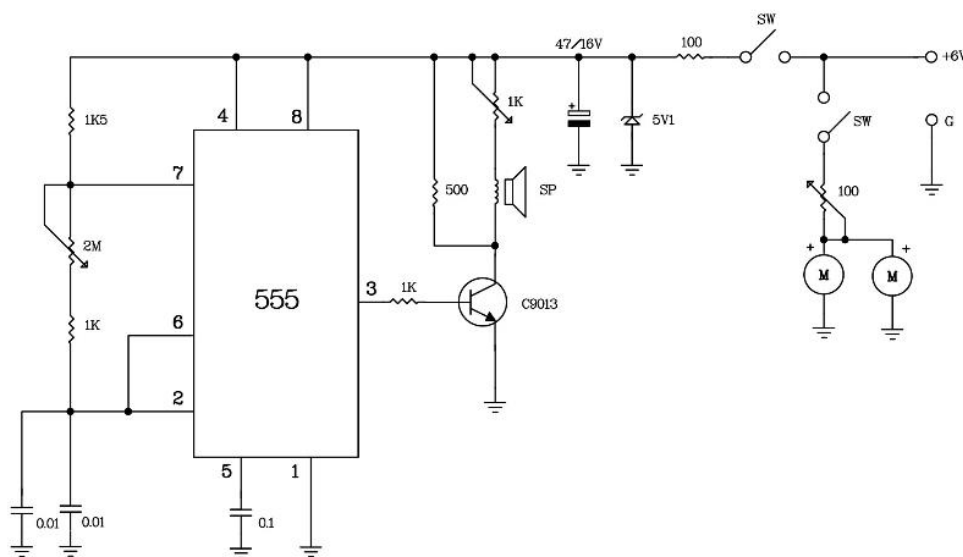


ภาพประกอบ 10 โมเดลที่ 2



ภาพประกอบ 11 โมเดลที่ 3

ผู้วิจัยได้นำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โมเดลที่ 1 ประกอบด้วย รถกำเนิดเสียงเครื่องวัดเสียง ท่อปลายปิดหนึ่งด้าน สเต็ทโตสโคป ไม้มเมตร เทอร์มอมิเตอร์ คู่มือครู และคู่มือนักเรียน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญ ประเมินคุณภาพชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญ มีคำแนะนำให้ออกแบบรถกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ของเสียงได้ทุกความถี่ของเสียงตั้งแต่ 20 - 20,000 เฮิรตซ์ พร้อมทั้งมีกล่องปิดผนึกเพื่อป้องกันแรงกระทำจากภายนอก และรถกำเนิดเสียงควรปรับอัตราเร็วได้ เพราะจะทำให้การทดลอง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ แล้วพัฒนาวงจรกำเนิดเสียง ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำเนิดเสียงปรับความถี่ของเสียงได้ของโมเดล 2

การออกแบบรถให้สามารถปรับอัตราเร็วได้ ผู้วิจัยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ถ้าความต้านทานไฟฟ้ามีค่ามาก กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์จะมีค่าน้อย จึงทำให้มอเตอร์หมุนช้า รถเคลื่อนที่ช้า ในทางกลับกัน ถ้าความต้านทานไฟฟ้ามีค่าน้อย กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์จะมีค่ามากจึงทำให้มอเตอร์จะหมุนเร็ว รถเคลื่อนที่เร็ว จากนั้นผู้วิจัยได้นำวงจรกำเนิดเสียงประกอบเข้ากับรถที่สามารถปรับอัตราเร็วได้ ทำให้ได้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โมเดลที่ 2 ดังภาพประกอบ

13 - 16



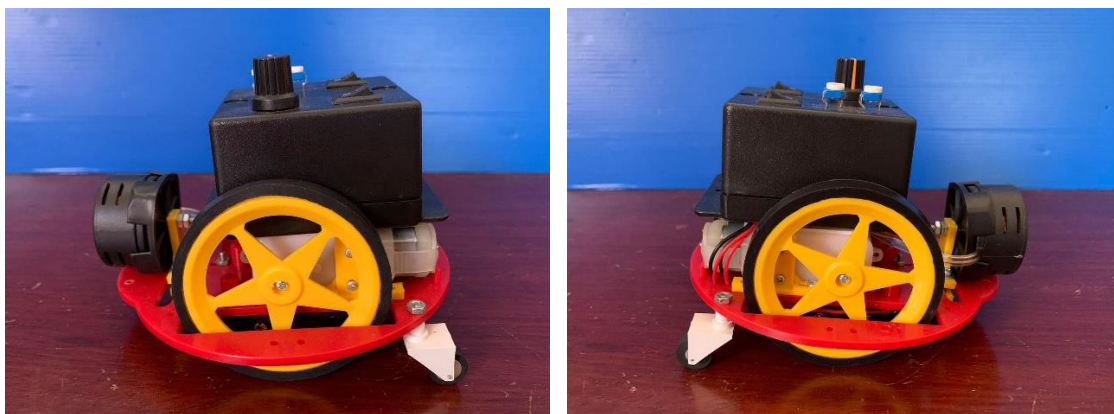
ภาพประกอบ 13 รถกำเนิดเสียง ด้านหน้า



ภาพประกอบ 14 รถกำเนิดเสียง ด้านหลัง



ภาพประกอบ 15 รถกำเนิดเสียง ด้านบน



ภาพประกอบ 16 รถกำเนิดเสียง ด้านข้าง

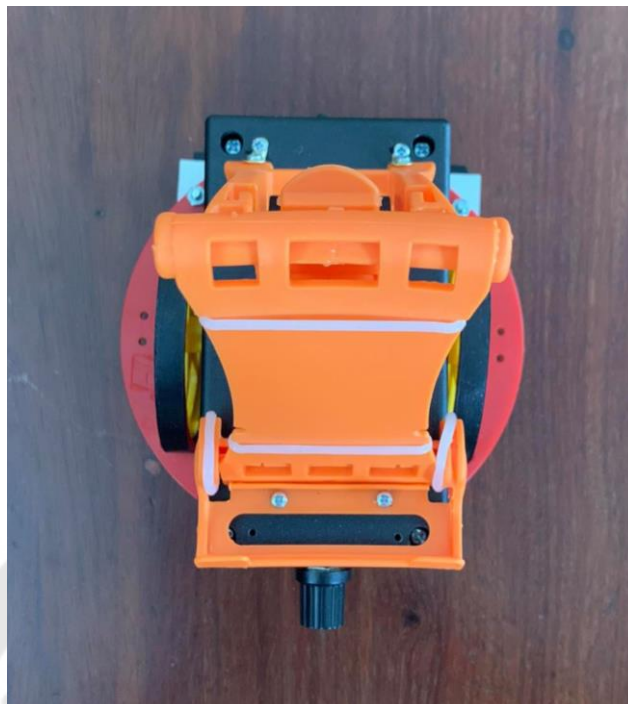
หลังจากการพัฒนา รถกำเนิดเสียง โมเดลที่ 2 ให้สามารถปรับความถี่ของเสียงได้ทุกความถี่ของเสียงรวมทั้งปรับอัตราเร็วได้แล้ว ผู้วิจัยได้นำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญ ประเมินคุณภาพชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ในครั้งนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญ ให้ข้อสังเกตว่า เสียงที่กำเนิดออกมาเป็นเสียงที่มีความถี่ของเสียงหลายค่าซ้อนทับกัน ไม่ใช่เสียงที่มีความถี่ของเสียงค่าเดียว ทำให้ยากต่อการสังเกต และวัดค่าความถี่ของเสียง ผู้วิจัยจึงได้ไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม พบว่ามีแอปพลิเคชันในอุปกรณ์อัจฉริยะที่สามารถกำเนิดเสียงที่มีความถี่ของเสียงได้ตั้งแต่ 20 – 20,000 เฮิรตซ์ นอกจากนี้ยังสามารถปรับความดังของเสียงได้อีกด้วย ผู้วิจัยได้ศึกษาและทดลองใช้งานแอปพลิเคชันที่มีฟังก์ชันการทำงานในลักษณะเดียวกัน พบว่า แอปพลิเคชัน Frequency Sound Generator ทั้งในระบบปฏิบัติการ Android และ ระบบปฏิบัติการ iOS มีฟังก์ชันการทำงานที่แตกต่างจากแอปพลิเคชันอื่น ๆ โดยแอปพลิเคชัน Frequency Sound Generator ให้กำเนิดเสียงที่มีความถี่ของเสียงแตกต่างกันได้พร้อมกัน ถ้านำไปทดลองการเกิดบีต จะทำให้การสังเกตลักษณะของเสียงที่ได้ยินได้สะดวกมากขึ้น ซึ่งเสียงที่กำเนิดจากแอปพลิเคชันนี้สามารถฟังผ่านลำโพงของอุปกรณ์อัจฉริยะ หรือจะฟังผ่านลำโพงบลูทูธ โดยเชื่อมต่อลำโพงบลูทูธเข้ากับอุปกรณ์อัจฉริยะ ก็ได้ ซึ่งจะทำให้ได้ยินเสียงดังมากขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับเปลี่ยนรถให้สามารถวางอุปกรณ์อัจฉริยะหรือลำโพงบลูทูธได้ ทำให้ได้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โมเดลที่ 3 ดังภาพประกอบ 17 - 20



ภาพประกอบ 17 รถปรับอัตราเร็ว ด้านหน้า



ภาพประกอบ 18 รถปรับอัตราเร็ว ด้านหลัง



ภาพประกอบ 19 รถปรับอัตราเร็ว ด้านบน



ภาพประกอบ 20 รถปรับอัตราเร็ว ด้านข้าง



ภาพประกอบ 21 ลำโพงบลูทูธ

นอกจากนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญ ได้แนะนำให้ผู้วิจัย ศึกษาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดความถี่ของเสียงด้วยแอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer เทียบกับความถี่เสียงจากส้อมเสียง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการ และได้ผลดังตาราง 6

ตาราง 6 ความคลาดเคลื่อนของการวัดความถี่เสียง ด้วยแอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer เทียบกับความถี่เสียงจากส้อมเสียง

| ความถี่ของเสียง<br>จากส้อมเสียง<br>(เฮิรตซ์) | การวัดความถี่ของเสียง<br>ด้วยแอปพลิเคชัน<br>Audio Spectrum Analyzer (เฮิรตซ์) |            |            |                         | ร้อยละ<br>ความคลาดเคลื่อน |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------------------|---------------------------|
|                                              | ครั้งที่ 1                                                                    | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) |                           |
|                                              |                                                                               |            |            |                         |                           |
| 256                                          | 258                                                                           | 257        | 258        | 257.67                  | 0.65                      |
| 320                                          | 323                                                                           | 322        | 322        | 322.33                  | 0.73                      |
| 405                                          | 404                                                                           | 407        | 406        | 405.67                  | 0.16                      |
| 480                                          | 483                                                                           | 482        | 482        | 482.33                  | 0.49                      |
| 512                                          | 511                                                                           | 513        | 514        | 512.67                  | 0.13                      |
| ค่าเฉลี่ย                                    |                                                                               |            |            |                         | 0.43                      |

จากผลการศึกษา ผู้วิจัย พบว่า การวัดความถี่เสียงด้วยแอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer เทียบกับความถี่เสียงจากส้อมเสียง เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยมาก (ร้อยละ 0.43)

จากนั้นผู้วิจัยได้นำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โมเดลที่ 3 ประกอบด้วย รถปรับอัตราเร็ว เครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดเสียง ลำโพงบลูทูธ ท่อปลายปิดหนึ่งด้าน สเต็ปโตสโคป ไม้มตร เทอร์มอมิเตอร์ คู่มือครู และคู่มือนักเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินคุณภาพ ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง อีกครั้ง ได้ผลดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

| รายการประเมิน              | ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) | S.D.        | ระดับคุณภาพ |
|----------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| ด้านการออกแบบ              | 4.05                    | 1.05        | มาก         |
| ด้านการใช้งาน              | 3.90                    | 1.25        | มาก         |
| ด้านแอปพลิเคชัน            | 4.50                    | 0.89        | มาก         |
| ด้านคู่มือการใช้           | 4.35                    | 1.18        | มาก         |
| ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า | 4.40                    | 1.10        | มาก         |
| <b>ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม</b>  | <b>4.24</b>             | <b>1.13</b> | <b>มาก</b>  |

จากตาราง 7 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน มีความเห็นว่าชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้านที่มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ด้านแอปพลิเคชัน ( $\bar{x} = 4.50$ , S.D. = 0.89) ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า ( $\bar{x} = 4.40$ , S.D. = 1.10) ด้านคู่มือการใช้ ( $\bar{x} = 4.35$ , S.D. = 1.18) ด้านการออกแบบ ( $\bar{x} = 4.05$ , S.D. = 1.05) และด้านการใช้งาน ( $\bar{x} = 3.90$ , S.D. = 1.25) ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.24$ , S.D. = 1.13)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปทดลองใช้นำร่องกับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 8 คน พบว่า ภาพรวมชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง สามารถใช้งานได้ดีมีความคงทน แข็งแรง และสามารถนำไปทำการทดลองได้ แต่อย่างไรก็ตามการทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การสั่นพ้องของเสียง นักเรียนมักจะวางลำโพงบลูทูธติดกับท่อปลายปิดหนึ่งด้าน ทั้งนี้จะส่งผลให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากเป็นลักษณะการทดลองท่อปลายปิดสองด้าน

## 2.ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 แผน ดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ระดับสูงต่ำของเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คลื่นนิ่งของเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การสั่นพ้องของเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การเกิดบีต และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทั้งหมด 5 ท่าน ได้ผลการประเมิน ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

| รายการประเมิน             | ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|---------------------------|-------------------------|------|------------------|
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 | 4.10                    | 0.93 | มาก              |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 | 4.12                    | 0.94 | มาก              |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 | 3.90                    | 1.15 | มาก              |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 | 3.94                    | 1.08 | มาก              |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 | 4.14                    | 0.88 | มาก              |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 | 4.16                    | 0.89 | มาก              |
| ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม        | 4.06                    | 0.98 | มาก              |

จากตาราง 8 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน มีความเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ( $\bar{x} = 4.16$ , S.D. = 0.89), 5 ( $\bar{x} = 4.14$ , S.D. = 0.88), 2 ( $\bar{x} = 4.12$ , S.D. = 0.94), 1 ( $\bar{x} = 4.10$ , S.D. = 0.93), 4 ( $\bar{x} = 3.94$ , S.D. = 1.08) และ 3 ( $\bar{x} = 3.90$ , S.D. = 1.15) ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.06$ , S.D. = 0.98) โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อคิดเห็นในบางประเด็น ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงดังต่อไปนี้ 1) ระบุหัวข้อที่สอนในแผนการจัดการเรียนรู้ 2) ระบุค่านิยามที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ 3) ระบุการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ชัดเจน 4) ระบุเกณฑ์การตัดสินในแบบสังเกตพฤติกรรม 5) ปรับปรุงสาระฟิสิกส์ให้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ 6) ปรับปรุงการสอนขั้นสร้างความเข้าใจให้มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ 7) ปรับปรุงแนวคิด

ทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้อง และ 8) ปรับปรุงแบบฝึกหัดให้มีความสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปทดลองใช้นำร่องกับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 8 คน พบว่า ภาพรวมสามารถจัดการเรียนรู้ได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ แต่มีอุปสรรคด้านเวลาเล็กน้อยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และ 6 เนื่องจากการทดลองของแผนการจัดการเรียนรู้มีความซับซ้อน นักเรียนต้องสังเกต และวัดผลการทดลอง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ครูจะให้นักเรียนส่งใบบันทึกผลการทดลอง และ Mind Map ในคาบเรียนถัดไป แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจอย่างมากที่จะเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

## ตอนที่ 2 ผลการใช้ชุดการทดลอง

ผู้วิจัยทำการศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน พบรายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไปนี้

### 1. ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังการเรียนด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) ดังรายละเอียดในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ )

| แนวคิดทางวิทยาศาสตร์       | คะแนนเต็ม (คะแนน) | ก่อนเรียน |      | หลังเรียน |      | Normalized Gain $\langle g \rangle$ |
|----------------------------|-------------------|-----------|------|-----------|------|-------------------------------------|
|                            |                   | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |                                     |
| ความเข้มเสียง              | 9                 | 4.23      | 0.77 | 7.09      | 0.82 | 0.60                                |
| ระดับสูงต่ำของเสียง        | 9                 | 4.14      | 0.82 | 7.31      | 0.74 | 0.65                                |
| คลื่นนิ่งของเสียง          | 9                 | 3.18      | 0.55 | 7.06      | 0.80 | 0.67                                |
| การสั่นพ้องของเสียง        | 9                 | 2.77      | 0.51 | 7.19      | 0.74 | 0.71                                |
| การเกิดบีต                 | 9                 | 4.00      | 0.78 | 7.47      | 0.57 | 0.69                                |
| ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์        | 9                 | 2.64      | 0.69 | 6.56      | 1.08 | 0.62                                |
| ค่าเฉลี่ยการพัฒนาโดยภาพรวม |                   |           |      |           |      | 0.66                                |

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีค่าเฉลี่ยของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน และมีค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) การพัฒนาอยู่ในระดับมาก ได้แก่ การสั่นพ้องของเสียง ( $\langle g \rangle = 0.71$ ) รองลงมา มีค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ การเกิดบีต ( $\langle g \rangle = 0.69$ ) คลื่นนิ่งของเสียง ( $\langle g \rangle = 0.67$ ) ระดับสูงต่ำของเสียง ( $\langle g \rangle = 0.65$ ) ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ( $\langle g \rangle = 0.62$ ) และความเข้มเสียง ( $\langle g \rangle = 0.60$ ) ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่ามีค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง ( $\langle g \rangle = 0.66$ )

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้นำคะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การทดสอบที่ ชนิด Paired samples t – test ได้ผลดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงการทดสอบที่ ชนิด Paired samples t – test ของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

| ตัวแปร                                          | คะแนนเต็ม<br>(คะแนน) | ก่อนเรียน |      | หลังเรียน |      | t      | p    |
|-------------------------------------------------|----------------------|-----------|------|-----------|------|--------|------|
|                                                 |                      | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |        |      |
| ความเข้าใจแนวคิดทาง<br>วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง | 54                   | 21.22     | 1.91 | 42.69     | 2.01 | 44.78* | .000 |

\*  $p < .05$

จากตาราง 10 แสดงให้เห็นว่า คะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ แนวคิดการสั่นพ้องของเสียง โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ไม่สามารถอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อปลายปิดหนึ่งด้านได้ ดังตัวอย่างคำตอบ

เมื่อเสียงเข้าไปในท่อ กระทบปลายอีกด้าน (นักเรียน 1)

เสียงจะกระทบปลายท่ออีกด้านแล้วสะท้อนกลับ (นักเรียน 15)

เสียงเดินทางในท่อ แล้วสะท้อนกลับมา (นักเรียน 19)

หลังจากการเรียนรู้ผ่านชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า การสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน เกิดขึ้นเมื่อเปิดเสียงเข้าไปภายในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน เสียงจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในท่อจนไปกระทบปลายปิดอีกด้านหนึ่ง แล้วสะท้อนกลับมาซ้อนทับกับคลื่นเสียงที่เปิดอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นเสียงดังและเสียงเบาสลับกันไป นอกจากนี้ยังสามารถยกตัวอย่างปรากฏการณ์การเกิดการสั่นพ้องของเสียง ที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ยังสามารถยกตัวอย่างปรากฏการณ์การเกิดการสั่นพ้องของเสียง ที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวันได้ โดยการสั่นพ้องของเสียงสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน ในการสร้างเครื่องดนตรีต่าง ๆ เช่น กีตาร์ ไวโอลิน ซอ เป็นต้น โดยเครื่องดนตรีเหล่านี้จะต้องมีส่วนที่ทำหน้าที่ช่วยขยายเสียง ซึ่งภายในส่วนขยายเสียงนี้ จะเกิดการสั่นพ้องของเสียง ดังตัวอย่างคำตอบ

เมื่อเปิดเสียงเข้าไปภายในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน เสียงจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในท่อจนไปกระทบปลายปิดอีกด้านหนึ่ง แล้วสะท้อนกลับมาซ้อนทับกับคลื่นเสียงที่เปิดอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นเสียงดังและเสียงเบาสลับกันไป ตัวอย่างปรากฏการณ์การสั่นพ้องของเสียง ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การสร้างเครื่องดนตรีต่าง ๆ เช่น กีตาร์ ไวโอลิน ซอ โดยเครื่องดนตรีเหล่านี้จะมีส่วนที่ทำหน้าที่ช่วยขยายเสียง (นักเรียน 1)

เมื่อเสียงเคลื่อนที่เข้าไปภายในท่อจนไปกระทบปลายปิดอีกด้านหนึ่ง แล้วสะท้อนกลับมาซ้อนทับกับคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่เข้าไ้อย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นเสียงดังและเสียงเบาสลับกันไป ปรากฏการณ์การเกิดการสั่นพ้องของเสียงที่สามารถพบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ส่วนขยายเสียงของเครื่องดนตรีต่าง ๆ ภายในจะเกิดการสั่นพ้องของเสียง (นักเรียน 15)

เมื่อเปิดเสียงเข้าไปภายในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน เสียงจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในท่อจนไปกระทบปลายปิดอีกด้านหนึ่ง แล้วสะท้อนกลับมาซ้อนทับกับคลื่นเสียงที่เปิดอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นเสียงดังและเสียงเบาสลับกันไป ตัวอย่างปรากฏการณ์การสั่นพ้องของเสียงในชีวิตประจำวัน ได้แก่ กีตาร์ ไวโอลิน ซอ เป็นต้น จะมีส่วนที่ทำหน้าที่ช่วยขยายเสียง ซึ่งภายในส่วนขยายเสียงนี้ จะเกิดการสั่นพ้องของเสียง (นักเรียน 19)

แนวคิดที่นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นอีกแนวคิดหนึ่ง คือ แนวคิดคลื่นนิ่งของเสียง ก่อนเรียนนักเรียนจะสามารถอธิบายการเกิดคลื่นนิ่งของเสียง ได้ว่า คลื่นนิ่งของเสียงเกิดจากคลื่นเสียง 2 ขบวน เดินทางมาซ้อนทับกันในทิศทางตรงข้ามอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่างคำตอบ

คลื่นเสียง 2 ขบวน เดินทางมาซ้อนทับกันในทิศทางตรงข้าม (นักเรียน 7)

คลื่นเสียง 2 ขบวน เดินทางมาซ้อนทับกัน (นักเรียน 16)

คลื่นเสียง 2 ขบวน ซ้อนทับกันอย่างต่อเนื่อง ในทิศทางตรงข้าม (นักเรียน 23)

หลังเรียนนักเรียนอธิบายได้อย่างชัดเจนว่า คลื่นเสียง 2 ขบวน ที่เดินทางมาซ้อนทับกันในทิศทางตรงข้ามอย่างต่อเนื่องนั้น จะต้องเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากัน แอมพลิจูดเท่ากัน เฟสต่างกันคงที่ ซึ่งจะทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงดังและเสียงเบาสลับกันระหว่างการซ้อนทับ โดยเสียงดังเป็นจุดที่คลื่นเสียงเสริมกัน เรียกว่า ปฏิบัพ เสียงเบา เป็นจุดที่คลื่นเสียงหักล้างกัน เรียกว่า บัพ และสามารถยกตัวอย่างปรากฏการณ์การเกิดคลื่นนิ่งของเสียงที่สามารถพบได้

ในชีวิตประจำวันได้ โดยการสั่นพ้องของเสียงสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น ภายในกล่องเสียงของกีตาร์ ดังตัวอย่างคำตอบ

คลื่นเสียง 2 ขบวน ที่เดินทางมาซ้อนทับกัน ในทิศทางตรงข้ามอย่างต่อเนื่องนั้น โดยจะต้องเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากัน แอมพลิจูดเท่ากัน เฟสต่างกันคงที่ จะทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงดังและเสียงเบาสลับกันระหว่างการซ้อนทับตัวอย่างคลื่นนิ่งของเสียงในชีวิตประจำวัน เช่น ภายในกล่องเสียงของกีตาร์ (นักเรียน 7)

คลื่นเสียง 2 ขบวน ที่เดินทางมาซ้อนทับกันอย่างต่อเนื่อง ในทิศทางตรงข้าม โดยจะต้องเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากัน แอมพลิจูดเท่ากัน เฟสต่างกันคงที่ ซึ่งจะทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงดังและเสียงเบาสลับกันระหว่างการซ้อนทับ โดยเสียงดังเป็นจุดที่คลื่นเสียงเสริมกัน เรียกว่า ปฏิบัพ เสียงเบา เป็นจุดที่คลื่นเสียงหักล้างกัน เรียกว่า บัพ ทั้งนี้สามารถพบได้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น กล่องเสียงของกีตาร์ (นักเรียน 16)

คลื่นเสียง 2 ขบวน ที่เดินทางมาซ้อนทับกัน ในทิศทางตรงข้ามอย่างต่อเนื่องนั้น จะต้องเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากัน แอมพลิจูดเท่ากัน เฟสต่างกันคงที่ ซึ่งจะทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงดังและเสียงเบาสลับกันระหว่างการซ้อนทับ โดยเสียงดังเป็นจุดที่คลื่นเสียงเสริมกัน เรียกว่า ปฏิบัพ เสียงเบา เป็นจุดที่คลื่นเสียงหักล้างกัน เรียกว่า บัพ และปรากฏการณ์การเกิดคลื่นนิ่งของเสียงที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ภายในกล่องเสียงของกีตาร์ (นักเรียน 23)

แต่อย่างไรก็ตามมีแนวคิดว่าทางวิทยาศาสตร์ที่หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย คือ แนวคิดความเข้มเสียง เนื่องจากเป็นแนวคิดที่ไม่ซับซ้อน อีกทั้งนักเรียนเคยเรียนมาแล้วในวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน นักเรียนจึงสามารถบอกความหมายของความเข้มเสียง ได้ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ไม่แตกต่างกัน โดยความเข้มเสียง หมายถึง กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไป ต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง และมีปัจจัยที่เกี่ยวกับความเข้มเสียง ได้แก่ กำลังเสียง และพื้นที่ที่เสียงตกกระทบบ ตั้งฉาก ดังตัวอย่างคำตอบ แนวคิดความเข้มเสียง ก่อนเรียน

ความเข้มเสียง หมายถึง กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไป ต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉาก และมีปัจจัยที่เกี่ยวกับความเข้มเสียง ได้แก่ กำลังเสียง และพื้นที่ที่เสียงตกกระทบบ ตั้งฉาก (นักเรียน 4)

ความเข้มเสียง หมายถึง กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไป ต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง และปัจจัยที่เกี่ยวกับความเข้มเสียง ได้แก่ กำลังเสียง และพื้นที่ที่เสียงตกกระทบตั้งฉาก (นักเรียน 8)

ดังตัวอย่างคำตอบ แนวคิดความเข้มเสียง หลังเรียน

ความเข้มเสียง หมายถึง กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไป ต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง และปัจจัยที่เกี่ยวกับความเข้มเสียง ได้แก่ กำลังเสียง และพื้นที่ที่เสียงตกกระทบตั้งฉาก (นักเรียน 4)

ความเข้มเสียง หมายถึง กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไป ต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง และปัจจัยที่เกี่ยวกับความเข้มเสียง ได้แก่ กำลังเสียง และพื้นที่ที่เสียงตกกระทบตั้งฉาก (นักเรียน 8)

## 2. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) ดังรายละเอียดในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ )

| การคิดเชิงคำนวณ            | คะแนนเต็ม<br>(คะแนน) | ก่อนเรียน |      | หลังเรียน |      | Normalized Gain<br>$\langle g \rangle$ |
|----------------------------|----------------------|-----------|------|-----------|------|----------------------------------------|
|                            |                      | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |                                        |
| การย่อปัญหา                | 9                    | 6.00      | 2.13 | 7.47      | 1.44 | 0.49                                   |
| การจัดจำรูปแบบ             | 9                    | 4.44      | 1.41 | 7.03      | 1.36 | 0.57                                   |
| การคิดเชิงนามธรรม          | 9                    | 2.56      | 1.87 | 5.84      | 1.17 | 0.51                                   |
| การออกแบบขั้นตอนวิธี       | 9                    | 2.31      | 1.79 | 5.59      | 1.13 | 0.49                                   |
| ค่าเฉลี่ยการพัฒนาโดยภาพรวม |                      |           |      |           |      | 0.51                                   |

จากตาราง 11 แสดงให้เห็นว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ การจดจำรูปแบบ ( $\langle g \rangle = 0.57$ ) รองลงมา ได้แก่ การคิดเชิงนามธรรม ( $\langle g \rangle = 0.51$ ) การย่อปัญหา ( $\langle g \rangle = 0.49$ ) และการออกแบบขั้นตอนวิธี ( $\langle g \rangle = 0.49$ ) ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า มีค่า Normalized Gain ( $\langle g \rangle$ ) การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง ( $\langle g \rangle = 0.51$ )

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้นำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การทดสอบที่ ชนิด Paired samples t – test ได้ผลดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงการทดสอบที่ ชนิด Paired samples t – test ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

| ตัวแปร                          | คะแนนเต็ม<br>(คะแนน) | ก่อนเรียน |      | หลังเรียน |      | t      | p    |
|---------------------------------|----------------------|-----------|------|-----------|------|--------|------|
|                                 |                      | $\bar{x}$ | S.D. | $\bar{x}$ | S.D. |        |      |
| ความสามารถในการคิด<br>เชิงคำนวณ | 36                   | 15.31     | 6.02 | 25.94     | 2.65 | 12.24* | .000 |

\*  $p < .05$

จากตาราง 12 แสดงให้เห็นว่า คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

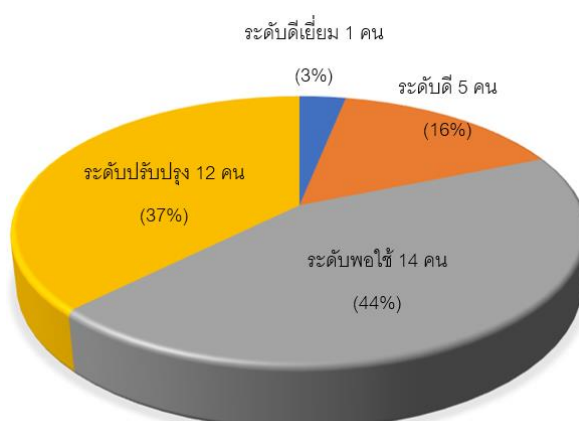
เมื่อผู้วิจัยได้นำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณแต่ละองค์ประกอบ มาวิเคราะห์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินความสามารถของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษา  
ขั้นพื้นฐาน (2555, น. 14) ได้ผลดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงการประเมินความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

| การคิดเชิงคำนวณ                   | คะแนนเต็ม<br>(คะแนน) | $\bar{x}$ | ร้อยละ | การแปลผล |
|-----------------------------------|----------------------|-----------|--------|----------|
| การย่อยปัญหา                      | 9                    | 7.29      | 81.00  | ดี       |
| การจัดจํารูปแบบ                   | 9                    | 6.86      | 76.22  | ดี       |
| การคิดเชิงนามธรรม                 | 9                    | 5.70      | 63.33  | พอใช้    |
| การออกแบบขั้นตอนวิธี              | 9                    | 5.46      | 60.67  | พอใช้    |
| ภาพรวมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ |                      |           |        | พอใช้    |

จากตาราง 13 แสดงให้เห็นว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีความสามารถในการย่อยปัญหา อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 81.00) รองลงมาคือ ความสามารถในการจัดจํารูปแบบ อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 76.22) ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับพอใช้ (ร้อยละ 63.33) และความสามารถการออกแบบขั้นตอนวิธี อยู่ในระดับพอใช้ (ร้อยละ 60.67) และเมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ อยู่ในระดับพอใช้

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณมาวิเคราะห์รายบุคคล โดยใช้เกณฑ์การประเมินความสามารถของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2555, น. 14) พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ใน ระดับดีเยี่ยม 1 คน (ร้อยละ 3) ระดับดี 5 คน (ร้อยละ 16) ระดับพอใช้ 14 คน (ร้อยละ 44) และระดับปรับปรุง 12 คน (ร้อยละ 37) ซึ่งสามารถแสดงได้ ดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 ระดับความสามารถของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

นอกจากนี้ เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่า ก่อนเรียนด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง อย่างยิ่งคำถามเกี่ยวกับการออกแบบขั้นตอนวิธี ดังอย่างคำถามของสถานการณ์ที่ 1 การจัดกระเป๋าเดินทาง ข้อที่ 4 ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนที่นักเรียนใช้ในการเตรียมสัมภาระให้เหมาะสมต่อการเดินทางตามเงื่อนไขน้ำหนักกระเป๋าที่กำหนด ก่อนเรียนนักเรียนไม่สามารถอธิบายขั้นตอนที่จะนำไปสู่การปฏิบัติได้ครบถ้วน ดังตัวอย่างคำตอบ

เตรียมกระเป๋าให้เหมาะสมกับอุณหภูมิ (นักเรียน 12)

เตรียมกระเป๋าให้เหมาะสมกับอุณหภูมิ น้ำหนักไม่เกิน (นักเรียน 24)

เตรียมของใช้ไปให้ครบ (นักเรียน 31)

หลังเรียนนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนได้ถูกต้องสมบูรณ์ ดังนี้ 1) กำหนดเงื่อนไข ดังนี้ เดินทางไปต่างประเทศที่มีอุณหภูมิ  $-10^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลา 10 วัน และกระเป๋าเดินทางมีน้ำหนักรวมไม่เกิน 20 กิโลกรัม 2) วิเคราะห์สัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ในการเดินทางไปต่างประเทศ 3) วิเคราะห์ปริมาณสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ในการเดินทางไปต่างประเทศ และ 4) คำนวณน้ำหนักของสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ในการเดินทางไปต่างประเทศ ดังตัวอย่างคำตอบ

- 1) เงื่อนไข มี ดังนี้ เดินทางไปต่างประเทศที่มีอุณหภูมิ  $-10^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลา 10 วัน และกระเป๋าเดินทางมีน้ำหนักรวมไม่เกิน 20 กิโลกรัม
- 2) วิเคราะห์สัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ 3) วิเคราะห์ปริมาณสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ และ
- 4) คำนวณน้ำหนักของสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ (นักเรียน 12)

1) กำหนดเงื่อนไข ดังนี้ ต่างประเทศมีอุณหภูมิ  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  เดินทางเป็นเวลา 10 วัน และกระเป๋าดูแลเดินทางมีน้ำหนักรวมไม่เกิน 20 กิโลกรัม 2) วิเคราะห์สัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ 3) วิเคราะห์ปริมาณสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ และ 4) คำนวณน้ำหนักของสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ (นักเรียน 24)

1) เงื่อนไข ได้แก่ อุณหภูมิ  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ระยะเวลา 10 วัน และกระเป๋าดูแลเดินทางมีน้ำหนักรวมไม่เกิน 20 กิโลกรัม 2) สัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ในต่างประเทศ 3) ปริมาณสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ในต่างประเทศ และ 4) คำนวณน้ำหนักของสัมภาระที่จำเป็นต้องใช้ในต่างประเทศ (นักเรียน 31)

การย่อยปัญหาเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งของการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนมีความสามารถเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน การย่อยปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสามารถนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้จริง ดังตัวอย่างในสถานการณ์ที่ 3 ห้องน้ำในฝัน ข้อที่ 1 นักเรียนต้องการข้อมูลใดบ้าง เพื่อใช้ในการเตรียมงบประมาณในการตกแต่งห้องน้ำในสถานการณ์ข้างต้น ก่อนเรียนนักเรียนระบุ ข้อมูลที่ต้องการ คือ ขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง ของห้องน้ำ ซึ่งไม่สามารถนำไปสู่การปฏิบัติจริงได้ เนื่องจากขาดข้อมูลเกี่ยวกับ ชนิด จำนวน และราคา ของ วัสดุ อุปกรณ์ ดังตัวอย่างคำตอบ

ขนาดของห้องน้ำ (นักเรียน 19)

พื้นที่ห้องน้ำ (นักเรียน 22)

ขนาดกว้าง ยาว และสูง ของห้องน้ำ (นักเรียน 27)

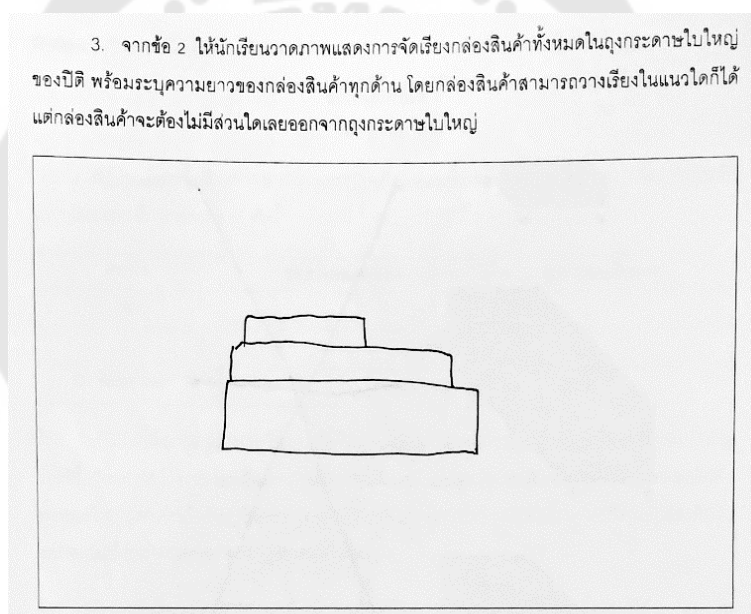
หลังเรียนนักเรียนมีการระบุข้อมูลที่ต้องการได้ชัดเจนมากขึ้น ดังนี้ 1) ขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง ของห้องน้ำ 2) ชนิดของ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตกแต่งห้องน้ำ 3) จำนวนของ วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตกแต่งห้องน้ำ และ 4) ราคา ของ วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตกแต่งห้องน้ำ ดังตัวอย่างคำตอบ

1) ขนาดกว้าง ยาว สูง ของห้องน้ำ 2) ชนิดของ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ 3) จำนวนของ วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ และ 4) ราคา ของ วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ (นักเรียน 19)

1) ขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง 2) ชนิด วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตกแต่งห้องน้ำ 3) จำนวน วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตกแต่งห้องน้ำ และ 4) ราคา วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตกแต่งห้องน้ำ (นักเรียน 22)

- 1) ขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง ห้างน้ำ 2) ชนิดของ วัสดุ อุปกรณ์  
3) จำนวนของ วัสดุ อุปกรณ์ และ 4) ราคา ของ วัสดุ อุปกรณ์ (นักเรียน 27)

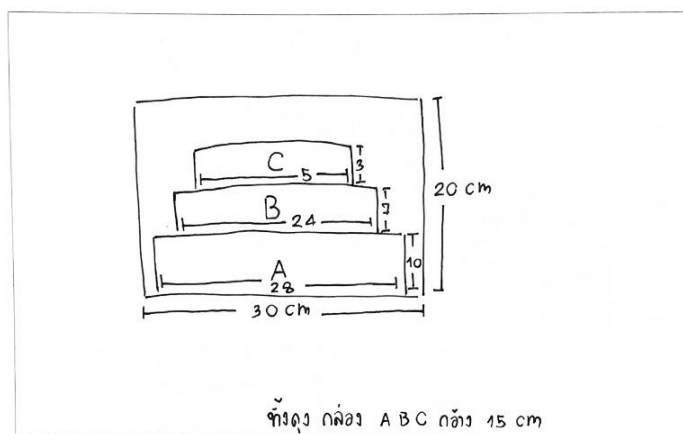
แต่อย่างไรก็ตามการคิดเชิงนามธรรมเป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่ 2 ถูกขอปึง ข้อที่ 3 ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการจัดเรียงกล่องสินค้าทั้งหมดในตู้กระดาดใบใหญ่ของปิติ พร้อมระบุความยาวของกล่องสินค้าทุกด้าน โดยกล่องสินค้าสามารถวางเรียงในแนวใดก็ได้แต่กล่องสินค้าจะต้องไม่มีส่วนใดเลยออกจากตู้กระดาดใบใหญ่ ก่อนเรียนนักเรียนบางส่วนสามารถวาดภาพได้ แต่ไม่ระบุความยาวของกล่องสินค้า ซึ่งหลังเรียนมีนักเรียนบางส่วนเท่านั้น ที่สามารถวาดภาพ และระบุความยาวของกล่องสินค้าครบทุกด้าน ดังภาพประกอบ 23 - 24



ภาพประกอบ 23 การคิดเชิงนามธรรม ก่อนเรียน

ก่อนเรียนนักเรียนสามารถวาดภาพได้ แต่ไม่ระบุความยาวของกล่องสินค้า

3. จากข้อ 2 ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการจัดเรียงกล่องสินค้าทั้งหมดในตู้กระดาดใบใหญ่ ของปิติ พร้อมระบุความยาวของกล่องสินค้าทุกด้าน โดยกล่องสินค้าสามารถวางเรียงในแนวใดก็ได้ แต่กล่องสินค้าจะต้องไม่มีส่วนใดเลยออกจากตู้กระดาดใบใหญ่



ภาพประกอบ 24 การคิดเชิงนามธรรม หลังเรียน

หลังเรียนนักเรียนวาดภาพ และระบุความยาวของกล่องสินค้าครบทุกด้าน

**3.ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

ผู้วิจัยวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ในองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านการเรียนรู้ 2) ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และ 3) ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ดังรายละเอียดในตาราง 14

ตาราง 14 แสดงค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

| ข้อ                                 | รายการประเมิน                                                                                                 | $\bar{x}$ | S.D. | การแปลผล  |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-----------|
| <b>ด้านการเรียนรู้</b>              |                                                                                                               |           |      |           |
| 1.                                  | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น                      | 4.56      | 0.56 | มากที่สุด |
| 2.                                  | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้สามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง เสียง ได้ | 4.50      | 0.57 | มากที่สุด |
| 3.                                  | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้สามารถประยุกต์ใช้เนื้อหาในชีวิตประจำวันดีขึ้น         | 4.66      | 0.65 | มากที่สุด |
| <b>ค่าเฉลี่ยรายด้าน</b>             |                                                                                                               | 4.63      | 0.60 | มากที่สุด |
| <b>ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้</b> |                                                                                                               |           |      |           |
| 4.                                  | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้ได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงผ่านการลงมือปฏิบัติ       | 4.59      | 0.56 | มากที่สุด |
| 5.                                  | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้                             | 4.66      | 0.48 | มากที่สุด |
| 6.                                  | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้ได้ฝึกคิดวิเคราะห์                                    | 4.53      | 0.32 | มากที่สุด |
| 7.                                  | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้ได้ฝึกทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม                          | 4.59      | 0.67 | มากที่สุด |

ตาราง 14 (ต่อ)

| ข้อ                                       | รายการประเมิน                                                                                   | $\bar{x}$ | S.D. | การแปลผล  |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-----------|
| <b>ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)</b> |                                                                                                 |           |      |           |
| 8.                                        | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้กล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าทำ ด้วยตนเอง    | 4.41      | 0.76 | มาก       |
| 9.                                        | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้เกิดความสนุกสนานในการเรียน              | 4.72      | 0.46 | มากที่สุด |
| 10.                                       | การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้เชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ | 4.53      | 0.62 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ยรายด้าน                          |                                                                                                 | 4.75      | 0.59 | มากที่สุด |
| <b>ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้</b>          |                                                                                                 |           |      |           |
| 11.                                       | ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีขนาดที่เหมาะสม                                            | 4.47      | 0.57 | มาก       |
| 12.                                       | ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม                                | 4.66      | 0.55 | มากที่สุด |
| 13.                                       | คู่มือการทดลอง ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีลำดับขั้นตอนการทดลองชัดเจน เข้าใจง่าย      | 4.72      | 0.52 | มากที่สุด |
| 14.                                       | ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีข้อมูลในการฝึกปฏิบัติทดลองครบถ้วน                         | 4.59      | 0.84 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ยรายด้าน                          |                                                                                                 | 4.72      | 0.62 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม                        |                                                                                                 | 4.58      | 0.60 | มากที่สุด |

จากตาราง 14 แสดงให้เห็นว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้มากที่สุด ได้แก่ การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้เกิดความสนุกสนานในการเรียน ( $\bar{x} = 4.72$ , S.D. = 0.46) และคู่มือการทดลอง ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีลำดับขั้นตอนการทดลองชัดเจนเข้าใจง่าย ( $\bar{x} = 4.72$ , S.D. = 0.52) รองลงมา คือ การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ทำให้สามารถประยุกต์ใช้เนื้อหา

ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น ( $\bar{x} = 4.66$ , S.D. = 0.65) การเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 4.66$ , S.D. = 0.48) และชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ( $\bar{x} = 4.66$ , S.D. = 0.55)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้นำคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ มาสรุปคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ จำแนกในแต่ละด้านพบว่า นักเรียนมีระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 4.75$ , S.D. = 0.59) ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 4.72$ , S.D. = 0.62) และด้านการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 4.63$ , S.D. = 0.60) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.58$ , S.D. = 0.60)



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถนำมาสรุป อภิปรายผล ตลอดจนมีข้อเสนอแนะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ
2. เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ โดยพิจารณาประเด็น ดังนี้
  - 2.1 ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
  - 2.2 ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
  - 2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

#### สมมติฐานของการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

1. ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์คุณภาพระดับมาก
2. แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์ความเหมาะสมระดับมาก
3. ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์พัฒนาทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ( $g \geq 0.7$ )

4. ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น ผ่านเกณฑ์พัฒนาทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ( $<g> \geq 0.7$ )

6. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น ภาพรวม ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับดี

8. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมาก

#### ขอบเขตของการวิจัย

ระยะที่ 1 เพื่อพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสี่ยง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

#### ผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลการประเมิน เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ จากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งหมด 5 ท่าน เลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์พิจารณา คือ ผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาหรือวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ อย่างน้อย 10 ปี และมีตำแหน่งทางวิชาการระดับตั้งแต่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขึ้นไป

#### ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ดำเนินการพัฒนา ประเมิน และปรับปรุงเสร็จ ในช่วง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

**ระยะที่ 2 เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

### **กลุ่มที่ศึกษา**

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียน เรื่อง เสียง มาก่อน จำนวนนักเรียนประมาณ 32 คน มาจากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในเขตกรุงเทพมหานคร ได้จากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling)

### **ตัวแปรที่ศึกษา**

ตัวแปรอิสระ คือ ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ

### **เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย**

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 2: วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง เสียง ประกอบด้วยเนื้อหา 6 หน่วยย่อย ดังนี้ 1) ความเข้มเสียง 2) ระดับสูงต่ำของเสียง 3) คลื่นนิ่งของเสียง 4) การสะท้อนของเสียง 5) การเกิดบีต และ 6) ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

### **ระยะเวลาดำเนินการวิจัย**

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในช่วง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

## สรุปผลการวิจัย

1. ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ใช้แอปพลิเคชันในการกำเนิดเสียง สามารถปรับความถี่ของเสียง และความดังของเสียงได้ และยังสามารถปรับอัตราเร็วได้ เมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.24$ ) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.06$ ) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลการใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ โดยพิจารณาประเด็น ดังนี้

2.1 ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง หลังการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ( $<g> = 0.66$ ) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เชิงคุณภาพนักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ แนวคิดการสั่นพ้องของเสียง และแนวคิดคลื่นนิ่งของเสียง และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คือ แนวคิดความเข้มเสียง

2.2 ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ หลังการเรียนรู้ด้วย ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น มีความก้าวหน้าทางการเรียน อยู่ในระดับปานกลาง ( $<g> = 0.51$ ) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ภาพรวมมีความสามารถอยู่ในระดับพอใช้ ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และระดับความสามารถรายบุคคลส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับพอใช้ 14 คน (ร้อยละ 44) โดยที่นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ การออกแบบขั้นตอนวิธี และการย่อยปัญหา และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คือ การคิดเชิงนามธรรม

2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.70$ ) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

## อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อภิปรายผล การวิจัยดังนี้

1. ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.24$ ) และเมื่อพิจารณาคุณภาพในแต่ละด้าน พบว่า ด้านที่มีคุณภาพมากที่สุด ได้แก่ ด้านแอปพลิเคชัน ( $\bar{x} = 4.50$ ) รองลงมา คือ ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า ( $\bar{x} = 4.40$ ) ด้านคู่มือการใช้ ( $\bar{x} = 4.35$ ) ด้านการออกแบบ ( $\bar{x} = 4.05$ ) และด้านการใช้งาน ( $\bar{x} = 3.90$ ) ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับการวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อและนวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา ที่พบว่าผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก ถือว่านำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ (สุวิทย์ คงภักดี, 2553; ศิลปชัย บุรณพานิช, 2549, น.7; อภิญญา เคนบุปผา, 2546) อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ ผลการประเมิน ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับมาก แต่มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า ขาดกล่องในการจัดเก็บชุดการทดลอง ทำให้การจัดเก็บและการใช้งานไม่สะดวกเท่าที่ควร

โดยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ 6 แนวคิด ดังนี้ 1) ความเข้มเสียง 2) ระดับสูงต่ำของเสียง 3) คลื่นนิ่งของเสียง 4) การสั่นพ้องของเสียง 5) การเกิดบีต และ 6) ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับสื่อการสอนคลื่นเสียงบนฐานของแนวทางการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งเป็นงานวิจัยของ อติตา ดวงเทพย์ (2558) พบว่า สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ 5 แนวคิด ดังนี้ 1) องค์ประกอบของคลื่นกลและรูปแบบคลื่นตามขวาง 2) รูปแบบการเดินทางของเสียงผ่านตัวกลาง 3) ความสัมพันธ์ของอัตราเร็วเสียงในตัวกลางชนิดต่าง ๆ ความถี่ ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง 4) สมบัติของคลื่นเสียง และ 5) ปรากฏการณ์ทางเสียง ซึ่งจะเห็นได้ว่า ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้ แนวคิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ซึ่งสื่อการสอนคลื่นเสียง ไม่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ แต่อย่างไรก็ตาม สื่อการสอนคลื่นเสียง สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้ แนวคิดองค์ประกอบของคลื่นกลและรูปแบบคลื่นตามขวาง และแนวคิดรูปแบบการเดินทางของเสียงผ่านตัวกลาง ซึ่งชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไม่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

นอกจากนี้ ถ้าพิจารณาถึงการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ พบว่า สื่อการสอนคลื่นเสียง ได้นำแอปพลิเคชันมาใช้ในการกำเนิดเสียงเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของแอปพลิเคชัน

แล้ว พบว่า แอปพลิเคชันของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง จะสามารถให้กำเนิดเสียง พร้อมกันหลายความดังของเสียง และความถี่ของเสียง ซึ่งแอปพลิเคชันของสื่อการสอนคลื่นเสียง ไม่สามารถทำได้

2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง หลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจาก ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้นสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียน ขณะทำการทดลอง และทำให้นักเรียนได้เห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยตรงจากการทดลอง ซึ่งทำให้นักเรียนเป็นผู้สังเกต ทดลองบันทึกข้อมูล นักเรียนก็จะเป็นผู้สรุปความรู้ ได้ค้นพบความรู้ ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการทักษะทางวิทยาศาสตร์ (มนต์ชัย เทียนทอง, 2530, น. 10; ประกาศิต ตันตือลงการ, 2535, น. 78; ธีญญะ โพธิ์รัง, 2550, น. 19)

อย่างไรก็ตามนักเรียนมีพัฒนาการความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง อยู่ในระดับปานกลาง ( $\langle g \rangle = 0.66$ ) เท่านั้น จึงสรุปได้ว่าชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้น มีผลทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ไม่มากตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจาก แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง มีความเป็นนามธรรม อีกทั้งเป็นแนวคิดที่ไม่สามารถพบได้ บ่อยในชีวิตประจำวัน (บรรยงค์เวทย์ ศิริสาร, 2547, น. 4; Mosabala, 2014) เช่น คลื่นนิ่ง ของเสียง ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจหรือเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่อย่างไรก็ตามชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมให้นักเรียน มีพัฒนาการทางการเรียนได้มากกว่าสื่อการสอนคลื่นเสียงบนฐานของแนวทางการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งเป็นงานวิจัยของ อทิตา ดวงเทพย์ (2558, น. 68) ที่พบว่าหลังเรียน นักเรียนมีพัฒนาการ ทางการเรียนเพิ่มขึ้นน้อยมาก

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณารายแนวคิด พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียน ในระดับสูง 1 แนวคิด คือ การสั่นพ้องของเสียง ( $\langle g \rangle = 0.71$ ) ซึ่งอาจเป็นเพราะ ชุดการทดลอง วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ช่วยนักเรียนให้ได้เห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และเรียนรู้ ผ่านประสบการณ์ตรงจากการทดลอง ส่วนแนวคิดที่นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียน ในระดับปานกลางมี 5 แนวคิด คือ ความเข้มเสียง ( $\langle g \rangle = 0.60$ ) ระดับสูงต่ำของเสียง ( $\langle g \rangle = 0.65$ ) คลื่นนิ่งของเสียง ( $\langle g \rangle = 0.67$ ) การเกิดบีต ( $\langle g \rangle = 0.69$ ) และ ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ( $\langle g \rangle = 0.62$ ) ซึ่งอาจจะต้องมีการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ในลำดับต่อไป

3. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้ และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 จึงกล่าวได้ว่าชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ที่ทำการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามมีวิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน โดยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น จะใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประเภทชี้แนะแนวทาง แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) และ ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation) ซึ่งนักเรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ทั้ง 4 องค์ประกอบ ในขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา ส่วนงานวิจัยของ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ 1) การระบุปัญหาความท้าทาย (Identify a Challenge) 2) การค้นหาแนวคิด (Explore Ideas) 3) การออกแบบและสร้าง (Plan and Develop) 4) การทดสอบ และประเมินผล (Test and Evaluate) และ 5) การนำเสนอผลการดำเนินงาน (Present the Solution) ซึ่งนักเรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ทั้ง 4 องค์ประกอบ ดังนี้ ในขั้นที่ 2) การค้นหาแนวคิด นักเรียนได้ฝึกการย่อปัญหา 3) การออกแบบ นักเรียนได้ฝึกการหารูปแบบ และการคิดเชิงนามธรรม และ 5) การนำเสนอผลการดำเนินงาน นักเรียนฝึกการออกแบบขั้นตอนวิธี

การที่ชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ได้ เนื่องจาก ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ทั้ง 4 องค์ประกอบ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำถามย่อย ของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ครูกำหนดให้ (Decomposition) ตั้งสมมติฐานของคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Pattern Recognition) ออกแบบ ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการทดลอง โดยเขียนวิธีดำเนินการทดลองอย่างละเอียด เพื่อตอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ (Algorithm Design) และพร้อมทั้งวาดภาพการทดลองที่จะเกิดขึ้น โดยจะต้องแสดงถึงรายละเอียดตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ พร้อมทั้งออกแบบตาราง

บันทึกผลการทดลอง (Abstraction) โดยครูจะช่วยกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนได้เกิดการคิดแก้ไขปัญหาและลงมือปฏิบัติ

อย่างไรก็ตามชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้น ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับสูงได้ โดยที่หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับพอใช้หรือปรับปรุงเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการคิดเชิงคำนวณเป็นสิ่งใหม่สำหรับการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนยังไม่คุ้นเคย และเป็นความสามารถที่ต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนา (อาภัสรา คนงาน, 2559, น. 1503) โดยเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถการคิดเชิงคำนวณรายองค์ประกอบจะเห็นได้ว่า ด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี (คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 60.67) และด้านการคิดเชิงนามธรรม (คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 63.33) เป็นด้านที่นักเรียนมีความสามารถต่ำที่สุด จึงอาจวิเคราะห์ได้ว่า นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงรูปแบบที่พบมาใช้ในการแก้ไขปัญหา

4. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.70$ ) และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่า ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 4.75$ ) มีความพึงพอใจมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 4.72$ ) และด้านการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 4.63$ ) ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน

ทั้งนี้ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด เป็นเพราะว่าการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ประเภทชี้แนะแนวทาง นักเรียนจะต้องตอบประเด็นคำถามหลักที่ครูกำหนด โดยทำการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเองทุกขั้นตอน นักเรียนจึงได้มีส่วนร่วมกับการเรียนรู้ได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งการเรียนในลักษณะนี้ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน (วารินทร์พร พันเพ็ญ, 2562, น. 135) ในส่วนด้านการเรียนรู้ ถึงแม้ว่านักเรียนจะมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดก็ตาม แต่ถ้าพิจารณาค่าเฉลี่ย พบว่า มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่น ๆ เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า นักเรียนยังมีข้อสงสัยจากการเรียนรู้หรือยังไม่เข้าใจในบางประเด็น ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่พบว่า แม้ นักเรียนจะมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงเพิ่มมากขึ้น แต่ก็ยังเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

## ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำชุดการทดลองไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำชุดการทดลองไปใช้

1.1 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ พบว่า นักเรียนจะไม่ทราบการเปิด - ปิด การเคลื่อนที่ของรถ การเพิ่ม - ลด อัตราเร็วของรถ การตั้งค่า - อ่านค่าจากแอปพลิเคชัน และการเก็บรักษาชุดการทดลอง ดังนั้นครูต้องอธิบายวิธีการใช้ และการดูแลรักษาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ในเบื้องต้น

1.2 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ พบว่า การทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การสั่นพ้องของเสียง ความถี่เสียงที่เหมาะสมสำหรับการทดลองอยู่ในช่วงความถี่เสียงต่ำ ประมาณ 500 – 20,000 เฮิรตซ์ เนื่องจากช่วงความถี่เสียงต่ำนี้ จะทำให้เกิดช่วงความยาวคลื่นเสียง 70 – 17.5 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะสำหรับการสังเกต และวัด ความยาวคลื่นเสียงที่เกิดการสั่นพ้องขึ้น

1.3 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ พบว่า การใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ประเภทชี้แนะแนวทาง จะต้องใช้เวลามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การสั่นพ้องของเสียง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ นักเรียนใช้เวลาในการทดลองมากกว่ากิจกรรมอื่น ๆ ดังนั้นครูต้องชี้แจงกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน และแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบละความสามารถ เพื่อให้ นักเรียนได้ร่วมมือ และช่วยเหลือกัน

1.4 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ พบว่า การทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ความถี่ของเสียงที่เหมาะสมสำหรับการทดลองจะอยู่ในช่วงความถี่ของเสียงสูง 15,000 – 20,000 เฮิรตซ์ เนื่องจากช่วงความถี่ของเสียงสูงนี้ จะส่งผลให้ความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความจริงมีค่ามาก จึงทำให้ง่ายต่อการสังเกต และวัด ความถี่เสียงที่ผิดไปจากความจริง

1.5 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณไปใช้ พบว่า ในห้องเรียนที่มีเสียงดังรบกวน จะทำให้เสียงที่ได้ยินไม่ชัดเจน ดังนั้นครูจะต้องคอยเตือนให้นักเรียนไม่ส่งเสียงดังขณะทำการทดลอง

## 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

2.1 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ พบว่า นักเรียนมีการออกแบบการทดลองที่หลากหลาย เช่น เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ นักเรียนเสนอให้แหล่งกำเนิดเสียงและผู้ฟังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ในทิศทางเดียวกัน แล้วสังเกตลักษณะของเสียงที่ได้ยิน เสนอให้วัดค่าความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริง ที่ตำแหน่งด้านข้างของแหล่งกำเนิดเสียง ดังนั้นควรทำการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

2.2 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการคิดด้านออกแบบขั้นตอนวิธีน้อย ดังนั้นควรพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้จากการย่อยปัญหา การหารูปแบบ และการคิดเชิงนามธรรม มาใช้ในการออกแบบขั้นตอนวิธี

2.3 จากการนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ไปใช้ พบว่า นักเรียนต้องใช้ไม้เมตร นาฬิกาจับเวลา เพื่อวัดอัตราเร็วของรถ ใช้เทอร์มอมิเตอร์ เพื่อวัดอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถนำบอร์ด Arduino UNO ร่วมกับการเขียนโปรแกรม Arduino มาประยุกต์ใช้งานได้ ดังนั้น ควรทำการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ที่สามารถใช้งานได้ ร่วมกับการใช้โปรแกรม Arduino

## บรรณานุกรม

- Atmatzidou, S. & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.
- Bers, M.U. (2010). The TangibleK Robotics program: Applied computational thinking for young children. *Early Childhood Research & Practice*, 12(2), 2
- Bybee, et al.. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. Colorado: Office of Science Education National Institutes of Health.
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010). Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Research in Science Education*, 40(3), 313-337.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. In P. A. L. R. Pittsburgh Univ & C. Development (Eds.).
- Chi, M.T.H. Feltovich, P.J. & Glasner, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problem by Expert and Novices. *Cognitive Science*, 5(2), 121-152.
- Constant, F.W. (1967). *Fundamental Principles of Physics*. Massachusetts: Addison Wesley Publishing Company.
- Cox, A.J & Junkin, W.F. ( 2 0 0 2 ) . Enhanced Student Learning in the Introductory Physics Laboratory. *Journal of Physics Education*, 37(1), 1-8.
- Cuny, J., Snyder, L., Wing, J.M. (2010). Demystifying Computational Thinking for Non-Computer Scientists. Unpublished Manuscript, Retrieved form [https://www.researchgate.net/publication/319959476\\_Demystifying\\_computational\\_thinking](https://www.researchgate.net/publication/319959476_Demystifying_computational_thinking)
- Heller, P. & Reif, F. (1982). Prescribing Effective Human Problem-solving Processes: Problem Descriptions in Physics. *Cognition and Instruction*, 1(2), 177-216.

- Houle, M., & Michael Barnett, G. (2008). Students' Conceptions of Sound Waves Resulting from the Enactment of a New Technology-Enhanced Inquiry-Based Curriculum on Urban Bird Communication. *Journal of Science Education and Technology*, 17(3), 242-251.
- Institute of the Future for the University of Phoenix Research Institute (IFTF), (2010). Future Work Skills 2020. Institute for the Future for the University of Phoenix Research Institute.
- Jacob, S., Nguyen, H., Garcia, L., Richardson, D., & Warschauer, M. (2020). Reflection as Formative Assessment of Computational Thinking in Elementary Grades. *International Conference of the Learning Sciences*, Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/342883518\\_Reflection\\_as\\_Formative\\_Assessment\\_of\\_Computational\\_Thinking\\_in\\_Elementary\\_Grades](https://www.researchgate.net/publication/342883518_Reflection_as_Formative_Assessment_of_Computational_Thinking_in_Elementary_Grades)
- Khim, K.C. (1978). Integration of Secondary Level Physics and Technology Education. *Physics Curriculum Development in Asia 1978*. Malaysia: Report of Regional Seminar Penang.
- Linder, C. J. (1993). University Physics Students' Conceptualizations of Factors Affecting the Speed of Sound Propagation. *International Journal of Science Education*, 15, 655-662.
- Linder, C., & Erickson, G. (1989). A Study of Tertiary Physics Students' Conceptualization of Sound. *International Journal of Science Education*, 11(5), 491-501.
- Lockwood, & Mooney. (2018). Computational Thinking in Education: Where does it Fit? A systematic literary review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 2(1), Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/315514475\\_Computational\\_Thinking\\_in\\_Education\\_Where\\_does\\_it\\_Fit\\_A\\_systematic\\_literary\\_review](https://www.researchgate.net/publication/315514475_Computational_Thinking_in_Education_Where_does_it_Fit_A_systematic_literary_review)
- Mosabala, M.S. (2014). The Teaching of Doppler Effect at Grade 12- Teacher's Content

- Knowledge. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 14(5), 207-213.
- Pejuan, A., Bohigas, X., Jaen, X., & Periago, C. (2012). Misconceptions about Sound among Engineering Students. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 669.
- Roth, W.M. (1994). Experimenting in a Constructivist High School Physics Laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 197-223.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G., & Crawford, B. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: an Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Teacher Education*, 88(4), 610 – 645.
- Sneider, C., Stephenson, C., Schafer, B., Flick, L. (2014). Computational Thinking in High School Science Classrooms. *The Science Teacher*, 81(5), 53–59
- Sulistiyo, & Wijaya. (2020). The Effectiveness of Inquiry-Based Learning on Computational Thinking Skills and Self-Efficacy of High School Students. *Journal of Physics Conference Series*, 1581: 012046, Retrieved form [https://www.researchgate.net/publication/343042528\\_The\\_effectiveness\\_of\\_inquiry-based\\_learning\\_on\\_computational\\_thinking\\_skills\\_and\\_self-efficacy\\_of\\_high\\_school\\_students](https://www.researchgate.net/publication/343042528_The_effectiveness_of_inquiry-based_learning_on_computational_thinking_skills_and_self-efficacy_of_high_school_students)
- Tejedor, J.A., Palacio, J.C., & Monsoriu, J.A.. (2014). The Acoustic Doppler Effect Applied to the Study of Linear Motions. *IOP Science*, 35(2), Retrieved form <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/35/2/025006>
- Wing, J.M. (2006). Computational Thinking. *Communication of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Young, H.D., & Freedman, R.A. (2017). *University Physics with Modern Physics*. Santa Barbara: University of California.
- กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). 5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential Features of Inquiry). สืบค้นจาก [http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5 Essential features of inquiry\\_Kamonwan.pdf?timestamp=1434440007462](http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5_Essential_features_of_inquiry_Kamonwan.pdf?timestamp=1434440007462)
- ทวิช มณีพนา, ชนินันท์ พงกษประมุข, และ พินิจ ขำวงษ์. (2563). ความท้าทายและสภาพปัญหาใน

- การจัดการเรียนรู้. วารสารสันติศึกษา, 8(เพิ่มเติม), 282-294
- ธัญญะ โพธิ์รัง. (2550). การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ธราทิพย์ คำสิงห์นอก. (2550). การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ ชุด "พิทักษ์พลังงาน: พิกซ์โลก"  
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหิดล,  
นครปฐม.
- ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2558). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์. วารสารศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 17(4), 202-209.
- นันทิยา บุญเคลือบ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivism.  
วารสาร สสวท., 96, 11-15.
- นิคม ทาแดง, ศันสนีย์ สังสรรค์อนันต์, และคนอื่น ๆ. (2557). สื่อกับการศึกษาขั้นพื้นฐาน.  
นนทบุรี: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- บรรยงค์เวทย์ ศิริสาร. (2547). การผลิตวีซีดีเพื่อการสอน เรื่อง ปฏิกิริยาการโคปเพลอร์ ในรายวิชา  
ฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ประกาศิต ตันตือลงกร. (2535). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.  
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2530). อุปกรณ์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ  
นครเหนือ.
- วารินทร์พร พันเพ็ญฟู. (2562). การจัดการเรียนรู้ Active Learning ให้สำเร็จ.  
วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์. 9(1), 135 - 145.
- ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถ  
ในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหา  
บัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ศิลปชัย บุรณพานิช. (2549). การสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนโดยใช้กิจกรรม  
การทดลองและสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: สำนักงาน  
เลขาธิการสภาการศึกษา
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์  
ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์  
ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือการจัดการเรียนรู้รายวิชาพื้นฐาน  
วิทยาศาสตร์ สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน  
วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ:  
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชาย เกียรติกมลชัย, และ ไพศาล ตูประกาย. (2548). การสาธิตทางฟิสิกส์สำหรับการสอนวิชา  
ฟิสิกส์ทั่วไป 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2555). คู่มือประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน  
ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). รายงานความก้าวหน้าการจัดการเรียนรู้  
ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปี 2551-2552. กรุงเทพฯ: บริษัท เพลิน สตูดิโอ จำกัด.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2552). นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน. กรุงเทพฯ:  
9119 เทคนิคพรินต์.

สุวิทย์ คงภักดี. (2553). ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้นวัตกรรมแบบจำลองระบบ  
โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model). (ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ).  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อดิชาติ สมศักดิ์. (2544). การใช้นวัตกรรมทางการศึกษาสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน  
มัธยมศึกษา จังหวัดเชียงใหม่. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ).  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อทิตา ดวงดีทิพย์. (2558). การพัฒนาสื่อการสอนคลื่นเสียงบนฐานของแนวทางการเรียนรู้เชิงรุก  
(ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อภิญา เคนบุปผา. (2546). การพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์

เรื่อง “สารและสมบัติของสาร” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (ปริญญาณิพนธ์  
ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อภิสิทธิ์ ธงไชย, ขวัญ อารยะธนิตกุล, และ เชิญโชค ศรขวัญ. (2549). ความเข้าใจของนักเรียนในการ  
ตอบคำถามแบบปลายเปิดในเรื่องคลื่นเสียง. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 32 ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ: 10 – 12  
ตุลาคม 2549.

อาทิตย์ จันทรสังแสง. (2549). การพัฒนาชุดการทดลองเรื่องการวัดอัตราการไหล วิชากลศาสตร์ของ  
ไหล สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 สาขางานอุตสาหกรรมการ  
ผลิตและสาขางานเทคนิคยานยนต์. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

อารัสรา คนงาน. (2559). การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเรื่องสถานการณ์  
ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3  
โดยผ่านกระบวนการออกแบบการจัดการเรียนการสอนเชิงระบบ. วารสารมหาวิทยาลัย  
ศิลปากร, 9(2), 1495-1509.

อุบล กลิ่นหอม. (2551). การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกลุ่มที่มีต่อ  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทย และความสามารถในการทำงานกลุ่มของนักเรียน  
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ,  
สงขลา.

อุบลวรรณ กิจคณะ, (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนออนไลน์แบบกลุ่มสืบเสาะที่มีสแคฟโฟลด์ที่  
ส่งเสริมความสามารถการคิดเชิงประมวลผล. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต).  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

เอกชัย เนาวนิช, และ ปณิตา วรรณพิรุณ. (2555). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ  
ผสมผสานโดยใช้กระบวนการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ผ่านเอ็มเลิร์นนิ่งเพื่อพัฒนาทักษะ  
การคิดเชิงตรรกะสำหรับนักศึกษาปริญญาบัณฑิต. วารสารวิทยบริการ, 23(3), 121-135.





ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

### รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโค  
ข้าราชการบำนาญมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทระขันตี  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ เสี่ยงเสนาะ  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ  
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)





ภาคผนวก ข  
คุณภาพเครื่องมือ

**คุณภาพของชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง**  
**เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

| ข้อ             | รายการประเมิน                                              | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย | ผล        |
|-----------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|-----------|-----------|
|                 |                                                            | 1                           | 2 | 3 | 4 | 5 |           |           |
| ด้านการออกแบบ   |                                                            |                             |   |   |   |   |           |           |
| 1.              | อุปกรณ์ปรับระดับเสียง                                      | 5                           | 2 | 4 | 4 | 5 | 4.00      | มาก       |
| 2.              | อุปกรณ์ปรับระดับสูงต่ำของเสียง                             | 5                           | 2 | 4 | 4 | 5 | 4.00      | มาก       |
| 3.              | อุปกรณ์ขับเคลื่อนและควบคุมการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดเสียง | 5                           | 2 | 5 | 4 | 5 | 4.20      | มาก       |
| 4.              | ความแข็งแรงทนทาน                                           | 5                           | 4 | 5 | 4 | 5 | 4.60      | มากที่สุด |
| 5.              | ความประณีตในการสร้าง                                       | 5                           | 3 | 5 | 4 | 5 | 4.40      | มาก       |
| ด้านการใช้งาน   |                                                            |                             |   |   |   |   |           |           |
| 6.              | การควบคุมระดับเสียง                                        | 5                           | 2 | 5 | 4 | 5 | 4.20      | มาก       |
| 7.              | การควบคุมระดับสูงต่ำของเสียง                               | 5                           | 2 | 5 | 5 | 5 | 4.40      | มาก       |
| 8.              | การควบคุมความเร็วของการเคลื่อนที่                          | 5                           | 2 | 3 | 4 | 4 | 3.60      | มาก       |
| 9.              | การจัดเก็บ                                                 | 5                           | 2 | 4 | 5 | 4 | 4.00      | มาก       |
| 10.             | การบำรุงรักษาและซ่อมแซม                                    | 5                           | 2 | 5 | 5 | 5 | 4.40      | มาก       |
| ด้านแอปพลิเคชัน |                                                            |                             |   |   |   |   |           |           |
| 11.             | การวัดค่าระดับเสียงมีความถูกต้องแม่นยำ                     | 5                           | 3 | 5 | 5 | 5 | 4.60      | มากที่สุด |
| 12.             | การวัดค่าระดับสูงต่ำของเสียงมีความถูกต้องแม่นยำ            | 4                           | 3 | 5 | 5 | 5 | 4.40      | มาก       |

| ข้อ                   | รายการประเมิน                                                                     | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย | ผล        |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|-----------|-----------|
|                       |                                                                                   | 1                           | 2 | 3 | 4 | 5 |           |           |
| ด้านแอปพลิเคชัน (ต่อ) |                                                                                   |                             |   |   |   |   |           |           |
| 13.                   | การอ่านค่าระดับเสียงชัดเจน<br>ได้ค่าที่จำเป็นครบถ้วน                              | 5                           | 3 | 5 | 5 | 5 | 4.60      | มากที่สุด |
| 14.                   | การอ่านค่าระดับสูงต่ำ<br>ของเสียงได้ค่าที่จำเป็น<br>ครบถ้วน                       | 4                           | 3 | 5 | 5 | 5 | 4.40      | มาก       |
| ด้านคู่มือการใช้      |                                                                                   |                             |   |   |   |   |           |           |
| 15.                   | แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ<br>ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์<br>เรื่อง เสียง ได้อย่างสมบูรณ์ | 5                           | 3 | 3 | 5 | 5 | 4.20      | มาก       |
| 16.                   | มีแผนการจัดการเรียนรู้<br>ใบความรู้ ใบกิจกรรม และใบ<br>งานที่สมบูรณ์              | 5                           | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.80      | มากที่สุด |
| 17.                   | ภาษาที่ใช้มีความหมาย<br>ชัดเจนเข้าใจง่าย                                          | 5                           | 1 | 5 | 5 | 4 | 4.00      | มาก       |
| 18.                   | รูปภาพช่วยสื่อความหมาย<br>ได้ชัดเจน                                               | 5                           | 1 | 3 | 5 | 5 | 3.80      | มาก       |
| 19.                   | นำเสนอเนื้อหาเป็นลำดับ<br>ขั้นตอน                                                 | 5                           | 1 | 5 | 5 | 5 | 4.20      | มาก       |
| 20.                   | มีแนวทางนำไปสู่การปฏิบัติ<br>ได้ดี                                                | 5                           | 1 | 5 | 5 | 5 | 4.20      | มาก       |

| ข้อ                        | รายการประเมิน                                             | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   |   | ค่าเฉลี่ย | ผล        |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|-----------|-----------|
|                            |                                                           | 1                           | 2 | 3 | 4 | 5 |           |           |
| ด้านคู่มือการใช้ (ต่อ)     |                                                           |                             |   |   |   |   |           |           |
| 21.                        | มีเนื้อหาที่ถูกต้อง                                       |                             |   |   |   |   |           |           |
|                            | 21.1 ระดับเสียง                                           | 5                           | 4 | 5 | 4 | 5 | 4.60      | มากที่สุด |
|                            | 21.2 ระดับสูงต่ำของเสียง                                  | 5                           | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.80      | มากที่สุด |
|                            | 21.3 คลื่นนิ่ง                                            | 5                           | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.80      | มากที่สุด |
|                            | 21.4 การสั่นพ้อง                                          | 5                           | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.80      | มากที่สุด |
|                            | 21.5 การเกิดบีต                                           | 5                           | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.80      | มากที่สุด |
|                            | 21.6 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์                                  | 5                           | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.80      | มากที่สุด |
| ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า |                                                           |                             |   |   |   |   |           |           |
| 22.                        | ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิด<br>ความสนใจบทเรียน             | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด |
| 23.                        | ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา<br>ได้ถูกต้องลึกซึ้งยิ่งขึ้น | 5                           | 3 | 5 | 5 | 5 | 4.60      | มากที่สุด |
| 24.                        | ช่วยให้ผู้สอนอธิบายเนื้อหา<br>ได้ง่ายยิ่งขึ้น             | 5                           | 4 | 3 | 5 | 5 | 4.40      | มาก       |
| 25.                        | ช่วยประหยัดเวลาในการ<br>จัดการเรียนรู้                    | 5                           | 3 | 5 | 5 | 4 | 4.40      | มาก       |
| 26.                        | มีความคุ้มค่าในการจัดสร้าง                                | 5                           | 1 | 5 | 5 | 5 | 4.20      | มาก       |

**ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้**  
**ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง**  
**เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

| ข้อ | รายการประเมิน                                                                              | ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ |     |     |     |     |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |                                                                                            | 1                         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 1.  | จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา                                                     | 4.8                       | 4.6 | 4.6 | 4.8 | 4.8 | 4.8 |
| 2.  | จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้                                         | 4.0                       | 4.0 | 3.8 | 3.8 | 4.0 | 4.0 |
| 3.  | จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับพฤติกรรม การเรียนรู้ ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย | 4.4                       | 4.4 | 4.2 | 4.2 | 4.4 | 4.4 |
| 4.  | เนื้อหา มีความชัดเจน เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน                                              | 4.0                       | 4.2 | 4.0 | 4.2 | 4.2 | 4.2 |
| 5.  | ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา                                                         | 3.6                       | 3.8 | 3.6 | 3.6 | 3.8 | 3.8 |
| 6.  | ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน                                                           | 4.0                       | 4.2 | 3.8 | 3.8 | 4.0 | 4.2 |
| 7.  | กิจกรรมสอดคล้องส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์                                      | 4.0                       | 4.0 | 3.6 | 3.6 | 4.0 | 4.0 |
| 8.  | กิจกรรมสอดคล้องส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ                                                     | 3.8                       | 3.8 | 3.6 | 3.6 | 3.8 | 3.8 |
| 9.  | สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้                                               | 4.6                       | 4.8 | 4.4 | 4.4 | 4.6 | 4.6 |
| 10. | การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                         | 3.8                       | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.8 | 3.8 |

| ข้อ | รายการประเมิน | ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |               | 1                         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|     | ค่าเฉลี่ย     | 4.1                       | 4.1 | 3.9 | 3.9 | 4.1 | 4.1 |
|     | ผล            | มาก                       | มาก | มาก | มาก | มาก | มาก |



**ความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจของนักเรียน**  
**ต่อการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง**  
**เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ**

| หัวข้อ                                                                                                                                              | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |    |    |    |    | IOC  | ผลการประเมิน |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------|----|----|----|----|------|--------------|
|                                                                                                                                                     |     | 1                           | 2  | 3  | 4  | 5  |      |              |
| ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม                                                                                                             |     |                             |    |    |    |    |      |              |
| ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม                                                                                                                      | -   | +1                          | +1 | +1 | +1 | +1 | +1.0 | ผ่าน         |
| ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ด้วยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ |     |                             |    |    |    |    |      |              |
| 1. ด้านการเรียนรู้                                                                                                                                  | 1.  | +1                          | +1 | +1 | +1 | +1 | +1.0 | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 2.  | +1                          | +1 | +1 | +1 | +1 | +1.0 | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 3.  | 0                           | +1 | +1 | 0  | +1 | +0.6 | ผ่าน         |
| 2. ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้                                                                                                                     | 4.  | +1                          | +1 | +1 | +1 | +1 | +1.0 | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 5.  | +1                          | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.0  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 6.  | +1                          | 0  | +1 | +1 | +1 | 0.8  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 7.  | +1                          | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.0  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 8.  | 0                           | 0  | +1 | -1 | 0  | 0    | ไม่ผ่าน      |
|                                                                                                                                                     | 9.  | +1                          | 0  | +1 | +1 | +1 | 0.8  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 10. | +1                          | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.0  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 11. | 0                           | +1 | +1 | +1 | +1 | 0.8  | ผ่าน         |
| 3. ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้                                                                                                                        | 12. | 0                           | +1 | +1 | +1 | +1 | 0.8  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 13. | 0                           | +1 | +1 | +1 | 0  | 0.6  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 14. | 0                           | +1 | +1 | 0  | +1 | 0.6  | ผ่าน         |
|                                                                                                                                                     | 15. | 0                           | +1 | +1 | 0  | +1 | 0.6  | ผ่าน         |

**ความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะ  
ของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง (ก่อนเรียน)**

| ตอน                     | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   | IOC  | ผลการประเมิน |
|-------------------------|-----|-----------------------------|---|---|---|------|--------------|
|                         |     | 1                           | 2 | 3 | 4 |      |              |
| ความเข้มเสียง           | 1.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| ระดับสูงต่ำของเสียง     | 1.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| คลื่นนิ่งของเสียง       | 1.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| การสั่นพ้องของเสียง     | 1.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| การเกิดบีต              | 1.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| ปรากฏการณ์<br>ดอปเพลอร์ | 1.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |

**ความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อคำถาม  
ของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง (ก่อนเรียน)**

| ตอน                 | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|---------------------|-----|-----------------------------|---|---|---|-----------|--------------|
|                     |     | 1                           | 2 | 3 | 4 |           |              |
| ความเข้มเสียง       | 1.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
|                     | 2.  | 3                           | 5 | 4 | 5 | 4.25      | มาก          |
|                     | 3.  | 3                           | 5 | 5 | 5 | 4.50      | มาก          |
| ระดับสูงต่ำของเสียง | 1.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| คลื่นนิ่งของเสียง   | 1.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| การสั่นพ้องของเสียง | 1.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| การเกิดบีต          | 1.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ | 1.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |

**ความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะ  
ของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง (หลังเรียน)**

| ตอน                     | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   | IOC  | ผลการประเมิน |
|-------------------------|-----|-----------------------------|---|---|---|------|--------------|
|                         |     | 1                           | 2 | 3 | 4 |      |              |
| ความเข้มเสียง           | 1.  | -1                          | 1 | 1 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| ระดับสูงต่ำของเสียง     | 1.  | -1                          | 1 | 1 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| คลื่นนิ่งของเสียง       | 1.  | -1                          | 1 | 1 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| การสั่นพ้องของเสียง     | 1.  | -1                          | 1 | 1 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| การเกิดบีต              | 1.  | -1                          | 1 | 1 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| ปรากฏการณ์<br>ดอปเพลอร์ | 1.  | -1                          | 1 | 1 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 2.  | 0                           | 1 | 0 | 1 | 0.50 | สอดคล้อง     |
|                         | 3.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |

**ความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อคำถาม  
ของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง (หลังเรียน)**

| ตอน                 | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|---------------------|-----|-----------------------------|---|---|---|-----------|--------------|
|                     |     | 1                           | 2 | 3 | 4 |           |              |
| ความเข้มเสียง       | 1.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| ระดับสูงต่ำของเสียง | 1.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| คลื่นนิ่งของเสียง   | 1.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| การสั่นพ้องของเสียง | 1.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| การเกิดบีต          | 1.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
| ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ | 1.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |
|                     | 2.  | 2                           | 5 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                     | 3.  | 2                           | 5 | 5 | 5 | 4.25      | มาก          |

**ความสอดคล้องของสถานการณ์และข้อคำถาม  
ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ**

| สถานการณ์      | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   | IOC  | ผลการประเมิน |
|----------------|-----|-----------------------------|---|---|---|------|--------------|
|                |     | 1                           | 2 | 3 | 4 |      |              |
| สถานการณ์ที่ 1 | 1.  | 1                           | 1 | 0 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
|                | 2.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
|                | 3.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                | 4.  | 1                           | 1 | 0 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| สถานการณ์ที่ 2 | 1.  | 1                           | 1 | 0 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
|                | 2.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
|                | 3.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                | 4.  | 1                           | 1 | 0 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
| สถานการณ์ที่ 3 | 1.  | 1                           | 1 | 0 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
|                | 2.  | 0                           | 1 | 1 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |
|                | 3.  | 1                           | 1 | 1 | 1 | 1.00 | สอดคล้อง     |
|                | 4.  | 1                           | 1 | 0 | 1 | 0.75 | สอดคล้อง     |

**ความเหมาะสมของสถานการณ์และข้อคำถาม  
ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ**

| สถานการณ์      | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|----------------|-----|-----------------------------|---|---|---|-----------|--------------|
|                |     | 1                           | 2 | 3 | 4 |           |              |
| สถานการณ์ที่ 1 | 1.  | 4                           | 3 | 4 | 5 | 4.00      | มาก          |
|                | 2.  | 3                           | 5 | 5 | 5 | 4.50      | มาก          |
|                | 3.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                | 4.  | 5                           | 5 | 4 | 5 | 4.75      | มากที่สุด    |
| สถานการณ์ที่ 2 | 1.  | 4                           | 5 | 4 | 5 | 4.50      | มาก          |
|                | 2.  | 3                           | 5 | 5 | 5 | 4.50      | มาก          |
|                | 3.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                | 4.  | 5                           | 5 | 4 | 5 | 4.75      | มากที่สุด    |
| สถานการณ์ที่ 3 | 1.  | 4                           | 5 | 4 | 5 | 4.50      | มาก          |
|                | 2.  | 3                           | 5 | 5 | 5 | 4.50      | มาก          |
|                | 3.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                | 4.  | 5                           | 5 | 4 | 5 | 4.75      | มากที่สุด    |

**ความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนน  
ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ**

| สถานการณ์      | ข้อ | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   | ค่าเฉลี่ย | ผลการประเมิน |
|----------------|-----|-----------------------------|---|---|---|-----------|--------------|
|                |     | 1                           | 2 | 3 | 4 |           |              |
| สถานการณ์ที่ 1 | 1.  | 3                           | 4 | 4 | 4 | 3.75      | มาก          |
|                | 2.  | 3                           | 5 | 5 | 4 | 4.25      | มาก          |
|                | 3.  | 3                           | 5 | 5 | 5 | 4.50      | มาก          |
|                | 4.  | 3                           | 5 | 4 | 4 | 4.00      | มาก          |
| สถานการณ์ที่ 2 | 1.  | 3                           | 5 | 4 | 4 | 4.00      | มาก          |
|                | 2.  | 3                           | 5 | 5 | 5 | 4.50      | มาก          |
|                | 3.  | 4                           | 5 | 5 | 5 | 4.75      | มากที่สุด    |
|                | 4.  | 3                           | 5 | 4 | 4 | 4.00      | มาก          |
| สถานการณ์ที่ 3 | 1.  | 3                           | 5 | 4 | 4 | 4.00      | มาก          |
|                | 2.  | 3                           | 5 | 5 | 4 | 4.25      | มาก          |
|                | 3.  | 5                           | 5 | 5 | 5 | 5.00      | มากที่สุด    |
|                | 4.  | 3                           | 5 | 4 | 4 | 4.00      | มาก          |

ภาคผนวก ค  
ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย



### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

|                                                        |                            |
|--------------------------------------------------------|----------------------------|
| รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ เล่ม 4 | ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 |
| หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เสียง                          | เวลา 12 คาบเรียน           |
| หน่วยย่อยที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง                    | เวลา 2 คาบเรียน            |

#### สาระฟิสิกส์ที่ 2

เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปฏิกิริยาการได้ยินเกี่ยวข้องกับเสียง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

#### ผลการเรียนรู้

อธิบายความเข้มเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

##### ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของความเข้มเสียง
2. นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มเสียงได้

##### ด้านทักษะ (P)

1. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเข้มเสียงได้
2. นักเรียนสามารถออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง และบันทึกผลการทดลองเกี่ยวกับความเข้มเสียงได้

##### ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้
2. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

### แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ความเข้มเสียง (sound intensity) หมายถึง กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ซึ่งหาได้จาก

$$I = \frac{P}{A}$$

เมื่อ  $I$  เป็นความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ มีหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{W/m}^2$ )

$P$  เป็นกำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วย วัตต์ (W)

$A$  เป็นพื้นที่ผิวที่รองรับกำลังเสียง มีหน่วย ตารางเมตร ( $\text{m}^2$ )

เสียงจะกระจายออกจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นรูปทรงกลม ทำให้ได้สมการหาความเข้มเสียงเป็น

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

เมื่อ  $R$  เป็นระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียง มีหน่วย เมตร (m)

### ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

| ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน                                                                           | แนวคิดที่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ความเข้มเสียงมีความหมายเดียวกับพลังงานเสียง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) | 1. ความเข้มเสียงมีความสัมพันธ์กับพลังงานเสียง แต่ไม่ได้มีความหมายเดียวกับพลังงานเสียง กล่าวคือ ความเข้มเสียงหมายถึง กำลังเสียง ที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงส่วนพลังงานเสียงเป็นผลคูณระหว่างกำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปกับเวลา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014) |

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน                                                                                                                                                                  | แนวคิดที่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. เมื่อมีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่ง ระดับเสียงรวมเท่ากับผลรวมของระดับเสียงย่อย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)                                             | 2. เมื่อมีเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่ง ระดับเสียงรวมไม่เท่ากับผลรวมของระดับเสียงย่อย แต่ระดับเสียงรวมคิดจากลอการิทึมของผลรวมของความเข้มเสียงย่อย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014)                                                                        |
| 3. การได้ยินเสียงขึ้นอยู่กักระดับเสียงเพียงอย่างเดียว (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)                                                                              | 3. การได้ยินเสียงนอกจากจะขึ้นอยู่กักระดับเสียงแล้วยังขึ้นอยู่กับความถี่เสียงด้วย เช่น เสียง ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ เริ่มได้ยินที่ระดับเสียง 0 เดซิเบล ขณะที่เสียงความถี่ 100 เฮิรตซ์ เริ่มได้ยินที่ระดับเสียงประมาณ 35 เดซิเบล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Young, & Freedman, 2014) |
| 4. เสียงดังหรือค่อนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วของโมเลกุลที่มาชนเรา (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย, และคนอื่น ๆ, 2549; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014) | 4. เสียงดังหรือค่อนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มเสียง (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคนอื่น ๆ, 259; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014; Young, & Freedman, 2014)                                                                                                            |
| 5. ความดังและระดับสูงต่ำของเสียง เป็นสิ่งเดียวกัน (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย, และคนอื่น ๆ, 2549; Linder, & Erickson, 1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014)              | 5. ความดังและระดับสูงต่ำของเสียง ไม่เป็นสิ่งเดียวกันความดังขึ้นกับความเข้มเสียง และระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นกับความถี่เสียง (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคนอื่น ๆ, 2459; Linder, & Erickson.1989; Linder, 1993; Mosabala, 2014; Young, & Freedman, 2014)                                  |

## กระบวนการจัดการเรียนรู้

### ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที)

1. ครูเปิดเสียงที่มีความถี่เสียงคงที่จากชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงให้นักเรียนฟัง โดยนักเรียนจะต้องนั่งประจำที่โต๊ะเรียนของตนเองตลอดเวลา โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) เปิดเสียงจากรถก้านัดเสียง 1 คัน โดยวางรถก้านัดเสียงที่โต๊ะเรียนของนักเรียนแถวหน้า เป็นระยะเวลา 5 วินาที

2) เปิดเสียงจากรถก้านัดเสียง 2 คัน โดยวางรถก้านัดเสียง 2 คัน ติดกัน ในระดับเดียวกัน ที่โต๊ะเรียนของนักเรียนแถวหน้า เป็นระยะเวลา 5 วินาที

3) เปิดเสียงจากรถก้านัดเสียง 1 คัน โดยวางรถก้านัดเสียงให้อยู่ห่างจากโต๊ะเรียนของนักเรียนแถวหน้าเป็นระยะ 1 เมตร

ในแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะต้องตอบคำถามว่า เสียงที่ได้ยินนั้นเป็นอย่างไร โดยครูเป็นผู้สุ่มเลือกนักเรียน ในชั้น 3 – 4 คน เพื่อตอบคำถาม (แนวการตอบ 1) เสียงดัง หรือ เสียงเบา 2) ครั้งที่ 2 เสียงดังมากกว่าครั้งที่ 1 และ 3) ครั้งที่ 3 เสียงเบามากกว่าครั้งที่ 1)

2. ครูตั้งประเด็นคำถามหลักว่า ทำไมเราถึงได้ยินเสียงดังหรือเสียงเบาแตกต่างกัน เพื่อกระตุ้นการสำรวจตรวจสอบที่ครูกำหนดให้

### ขั้นสำรวจและค้นหา (20 นาที)

4. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 - 6 คน ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ความเข้มเสียง โดยนักเรียนออกแบบวิธีการและดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง จากประเด็นคำถามหลักที่ครูกำหนดให้ (Guided Inquiry) โดยใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง เพื่อเป็นการฝึกความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ทั้งนี้ครูอธิบาย การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง การคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงตรรกะ การวิเคราะห์ข้อมูล และวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ 1) การย่อยปัญหา 2) การจดจำรูปแบบ 3) การคิดเชิงนามธรรม และ 4) การออกแบบขั้นตอนวิธี)

5. การปฏิบัติการทดลองนั้น เริ่มจากการให้นักเรียนคิดปัญหาย่อยเพื่อใช้ตอบคำถามหลักว่า ทำไมเราถึงได้ยินเสียงดังหรือเสียงเบาแตกต่างกัน (ทั้งนี้ครูอธิบาย การย่อยปัญหา หมายถึง ความสามารถในการจำแนกปัญหาออกเป็นส่วนเล็ก ๆ เพื่อให้แก้ปัญหาได้ง่าย) โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำถามย่อยลงในกระดาษ (Post It) จากนั้นนักเรียนและครูนำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายร่วมกันจนได้คำตอบย่อยดังนี้

- เสียงดัง เป็นอย่างไร
- เสียงเบา เป็นอย่างไร
- เสียงดังและเสียงเบา แตกต่างกันอย่างไร
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มเสียงได้แก่อะไรบ้าง
- เราสามารถวัดความเข้มเสียงได้อย่างไร
- เราสามารถวัดระดับเสียงได้อย่างไร

นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกคำถามย่อยที่ได้จากการอภิปรายร่วมกัน ลงในใบบันทึกผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามย่อย โดยศึกษาค้นคว้าจากใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง เพื่อหาข้อสรุป แล้วนำข้อมูลที่ได้มาตั้งสมมติฐานของคำถามหลัก (ทั้งนี้ครูอธิบายการหารูปแบบ หมายถึง ความสามารถในการหาลักษณะที่เหมือนกันของปัญหาเล็ก ๆ ที่จำแนกออกมา) โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องได้สมมติฐานอย่างน้อย 1 สมมติฐาน ดังนี้

- ถ้ากำลังเสียงมาก ความเข้มเสียงจะมาก
- ถ้ากำลังเสียงน้อย ความเข้มเสียงจะน้อย
- ถ้าระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมาก ความเข้มเสียงจะน้อย
- ถ้าระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงน้อย ความเข้มเสียงจะมาก

ทั้งนี้ถ้านักเรียนไม่สามารถตอบสมมติฐานได้ ครูจะต้องร่วมอภิปรายกับนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนได้สมมติฐานด้วยตนเอง อย่างน้อย 1 สมมติฐาน

นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกสมมติฐานที่ได้จากการอภิปรายร่วมกัน ลงในใบบันทึกผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบขั้นตอนวิธีปฏิบัติการทดลอง โดยเขียนวิธีดำเนินการทดลองอย่างละเอียด เพื่อตอบสมมติฐานทุกข้อที่ตั้งไว้ ลงในใบบันทึกผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง (ทั้งนี้ครูอธิบาย การออกแบบขั้นตอนวิธี หมายถึง ความสามารถในการพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน)

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดภาพการทดลองที่จะเกิดขึ้น โดยจะต้องแสดงถึงรายละเอียดตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ พร้อมทั้งออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง (ทั้งนี้ครูอธิบาย การคิดเชิงนามธรรม หมายถึง ความสามารถในการมุ่งความคิดไปที่ข้อมูลสำคัญของปัญหา หรือ

วิธีการแก้ปัญหา โดยตัดส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป) ลงในใบบันทึกผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติการทดลอง พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล การทดลอง วาดกราฟ และสรุปผลการทดลอง ลงในใบบันทึกผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (30 นาที)

10. นักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอผลการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ความเข้มเสียง โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการทดลอง หลักฐานสนับสนุน และการสรุป

11. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ความเข้มเสียง โดยใช้ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ในการยกตัวอย่างผลการทดลองหรือสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อประกอบการอภิปราย ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในขั้นสำรวจและค้นหา

จนได้ข้อสรุปของการอภิปรายว่า การที่เราได้ยินเสียงดังหรือเสียงเบาขึ้นกับความเข้มเสียง โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มเสียง ได้แก่ กำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง และพื้นที่ผิวที่รองรับกำลังเสียง หรือระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียง ถ้ากำลังเสียงมีค่ามากความเข้มเสียงจะมาก เราจะได้ยินเสียงที่ดัง ถ้ากำลังเสียงมีค่าน้อย ความเข้มเสียงจะน้อย เราจะได้ยินเสียงที่เบา และถ้าพื้นที่ผิวที่รองรับกำลังเสียง หรือระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียงมีค่ามาก ความเข้มเสียงจะน้อย เราจะได้ยินเสียงที่เบา ในทางกลับกันถ้าพื้นที่ผิวที่รองรับกำลังเสียงหรือระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียงมีค่าน้อยความเข้มเสียงจะมากเราจะได้ยินเสียงที่ดัง

ขั้นขยายความรู้ (20 นาที)

12. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถาม ถ้าเราอยู่ในสถานที่ที่มีเสียงดังมาก ๆ เราจะปฏิบัติอย่างไร เพื่อให้เราได้ยินเสียงดังลดลง

จนได้ข้อสรุปของการอภิปรายว่า ถ้าเราอยู่ในสถานที่ที่มีเสียงดังมาก ๆ เราควรจะเดินออกห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง เพื่อให้เราได้ยินเสียงดังลดลง เนื่องจากความเข้มเสียงจะแปรผกผันกับระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียง เมื่อเราเดินออกห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงจึงทำให้ความเข้มเสียงลดลง

### ขั้นประเมิน (20 นาที)

13. นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมา และการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนได้เกิดความรู้ความเข้าใจอย่างไรบ้าง โดยการทำแผนผังความคิด (mind map) ลงใบบันทึกผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง กำหนดส่งท้ายคาบเรียน และถ้านักเรียนไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัยให้ยกมือสอบถาม ทั้งนี้ครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

14. นักเรียนและครูร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติการทดลอง และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ โดยการยกมือแสดงความคิดเห็น

15. นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง ที่ได้เตรียมไว้ให้ เป็นรายบุคคล และกำหนดส่งในคาบเรียนถัดไป

### **การวัด และประเมินผล**

| สิ่งที่ต้องการวัด<br>และประเมินผล                                | วิธีวัด                             | เครื่องมือวัด                          | เกณฑ์                                                               |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| ด้านความรู้ (K)                                                  |                                     |                                        |                                                                     |
| 1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของ<br>ความเข้มเสียงได้           | - การตรวจ<br>ใบบันทึกผล<br>การทดลอง | - แบบประเมิน<br>ใบบันทึกผล<br>การทดลอง | - ตอบคำถาม<br>ใบบันทึกผล<br>การทดลองได้ถูกต้อง<br>มากกว่า ร้อยละ 70 |
| 2. นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัย<br>ที่ส่งผลต่อ<br>ความเข้มเสียงได้ | - การตรวจ<br>แบบฝึกหัด              | - แบบประเมิน<br>แบบฝึกหัด              | - ตอบคำถาม<br>แบบฝึกหัดได้ถูกต้อง<br>มากกว่า ร้อยละ 70              |

| สิ่งที่ต้องการวัด<br>และประเมินผล                                                                                                                                                                  | วิธีวัด                        | เครื่องมือวัด                            | เกณฑ์                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| ด้านทักษะ (P)                                                                                                                                                                                      |                                |                                          |                                                    |
| 1. นักเรียนสามารถ<br>คำนวณปริมาณ<br>ที่เกี่ยวข้องกับ<br>ความเข้มเสียงได้<br><br>2. นักเรียนสามารถ<br>ออกแบบ<br>การทดลอง<br>ปฏิบัติการทดลอง<br>และบันทึกผลการ<br>ทดลองเกี่ยวกับ<br>ความเข้มเสียงได้ | การสังเกต<br><br>การทำการทดลอง | แบบสังเกตพฤติกรรม<br><br>การทดลอง        | นักเรียนผ่านเกณฑ์<br>การประเมินใน<br>ระดับดีขึ้นไป |
| ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)                                                                                                                                                                     |                                |                                          |                                                    |
| 1. นักเรียนมีความใฝ่<br>เรียนรู้<br><br>2. นักเรียนมี<br>ความมุ่งมั่นใน<br>การทำงาน                                                                                                                | การสังเกต<br><br>การปฏิบัติ    | แบบประเมิน<br>คุณลักษณะ<br>อันพึงประสงค์ | นักเรียนผ่านเกณฑ์<br>การประเมินใน<br>ระดับดีขึ้นไป |

### สื่อและอุปกรณ์

1. ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โดยชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ประกอบด้วยรถปรับอัตราเร็ว เครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับเสียง เครื่องวัดระดับสูงต่ำของเสียง ท่อปลายปิดหนึ่งด้าน สเต็ทไดสโคป ไม้มเมตร นาฬิกาจับเวลา เทอร์โมมิเตอร์ คุ่มือครู และคู่มือนักเรียน

2. เครื่องกำเนิดเสียง สามารถใช้โทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Sound Generator ได้ โดยแอปพลิเคชัน Sound Generator จะสามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ iOS 9.0 ขึ้นไป

3. เครื่องวัดระดับเสียง และวัดระดับสูงต่ำของเสียง สามารถใช้โทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต ที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer ได้ โดยแอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer จะสามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ iOS 8.0 ขึ้นไป

4. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง

5. ใบบันทึกผลการทดลองที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง

6. แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ความเข้มเสียง





### ตอนที่ 1 ความเข้มเสียง

1. จงบอกความหมายของความเข้มเสียง พร้อมทั้งระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มเสียง

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าผู้ฟังอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากขึ้น ความเข้มเสียงที่ผู้ฟังได้ยินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าเพิ่มแหล่งกำเนิดเสียงจนมีกำลังเสียงเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 เท่า จะส่งผลอย่างไรต่อความเข้มเสียง จงอธิบายพร้อมแสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียด

.....

.....

.....

.....

.....

## ตอนที่ 2 ระดับสูงต่ำของเสียง

1. จงบอกความหมายของระดับสูงต่ำของเสียง พร้อมยกตัวอย่างเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงที่แตกต่างกัน

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าความดังของเสียงมากขึ้น ระดับสูงต่ำของเสียงจะเกิดเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

3. เมื่อเปิดเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่งพร้อมกัน จะทำให้ระดับสูงต่ำของเสียงรวมเป็นอย่างไร จงอธิบายพร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

### ตอนที่ 3 คลื่นนิ่งของเสียง

1. จงอธิบายการเกิดคลื่นนิ่งของเสียง พร้อมยกตัวอย่างปรากฏการณ์การเกิดคลื่นนิ่งของเสียงที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

.....

2. ขณะเกิดคลื่นนิ่งของเสียงผ่านอากาศ อนุภาคของอากาศมีการเคลื่อนที่หรือไม่ จงอธิบาย พร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าเพิ่มความถี่ของคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่งของเสียง ผู้ฟังจะได้ยินเสียงอย่างไร จงอธิบาย พร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

#### ตอนที่ 4 การสั่นพ้องของเสียง

1. จงอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน พร้อมยกตัวอย่างปรากฏการณ์ การเกิดการสั่นพ้องของเสียงที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อเกิดการสั่นพ้องของเสียงในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน จะได้ยินเสียงภายในท่อปลายปิดหนึ่งด้านอย่างไร จงอธิบายพร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าลดความยาวของท่อปลายปิดหนึ่งด้าน ความถี่ของเสียงที่จะทำให้เกิดการสั่นพ้องจะมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบายพร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

### ตอนที่ 5 การเกิดปิด

1. จงอธิบายการเกิดปิด พร้อมยกตัวอย่างปรากฏการณ์การเกิดปิดที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าความถี่บีตมากขึ้น ผู้ฟังจะได้ยินเสียงเป็นอย่างไร จงอธิบายพร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

3. แหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่ง ทำให้เกิดความถี่บีต 3 เฮิรตซ์ ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงหนึ่งมีความถี่ของเสียง 450 เฮิรตซ์ แหล่งกำเนิดเสียงอีกแหล่งจะมีความถี่ของเสียงเป็นเท่าใดได้บ้าง จงอธิบาย พร้อมแสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียด

.....

.....

.....

.....

.....

## ตอนที่ 6 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

1. จงอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง พร้อมยกตัวอย่างปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟัง ผู้ฟังจะได้ยินเสียงเป็นอย่างไร จงอธิบายพร้อมระบุเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

3. ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องใดได้บ้าง จงสรุปมาพอสังเขปอย่างน้อย 2 เรื่อง

.....

.....

.....

.....

.....



## ศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

### สถานการณ์ที่ 1 เรื่อง การจัดกระเป๋าเดินทาง

มานะจะต้องเดินทางไปต่างประเทศที่มีอุณหภูมิ  $-10^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลา 10 วัน มานะเดินทางโดยเครื่องบิน ซึ่งสายการบินได้กำหนดให้กระเป๋าเดินทางมีน้ำหนักรวมไม่เกิน 20 กิโลกรัม มานะจะต้องเตรียมสัมภาระในการเดินทางครั้งนี้อย่างไร ให้เหมาะสมต่อการเดินทางไปต่างประเทศครั้งนี้ โดยสัมภาระแต่ละชนิดมีน้ำหนัก ดังนี้ตารางต่อไปนี้

| สัมภาระ                                                                                 | น้ำหนัก (กิโลกรัม)                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| เสื้อคลุมกันหนาว                                                                        | 0.8 ต่อ 1 ชิ้น                    |
| เสื้อยืด                                                                                | 0.3 ต่อ 1 ชิ้น                    |
| กางเกง                                                                                  | 0.5 ต่อ 1 ชิ้น                    |
| ชุดนอน                                                                                  | 0.6 ต่อ 1 ชิ้น                    |
| ถุงมือ และถุงเท้า                                                                       | 0.3 ต่อ 1 ชิ้น                    |
| รองเท้าผ้าใบ                                                                            | 1.4 ต่อ 1 คู่                     |
| รองเท้าแตะ                                                                              | 0.6 ต่อ 1 คู่                     |
| ของใช้ส่วนตัว (อาทิ เช่น ยาสีฟัน แปรงสีฟัน สบู่ ยาสระผม ผ้าขนหนู ชุดชั้นในหญิง หรือชาย) | 3 ต่อ 1 ชุด<br>(สำหรับใช้ 10 วัน) |
| กระเป๋าเดินทาง                                                                          | 1.3 ต่อ 1 ใบ                      |

1. นักเรียนต้องการข้อมูลใดบ้าง เพื่อใช้ในการเตรียมสัมภาระให้เหมาะสมต่อการเดินทางในสถานการณ์ข้างต้น

.....

.....

.....

.....

.....

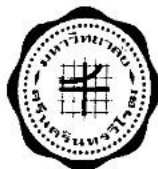




ภาคผนวก ง  
ใบรับรองการทำวิจัยในมนุษย์

MF-04-version-2.0

วันที่ 18 ต.ค. 61



**หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย  
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม**

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 159/2563E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

**ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง:** การพัฒนาชุดการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทาง  
วิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

**ชื่อผู้วิจัยหลัก:** นาย ทวีช วัฒนินา

**สังกัด:** ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา

**เอกสารที่รับรอง:**

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

**เอกสารที่พิจารณาพบทวน**

|                                             |                                        |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. แบบเสนอโครงการวิจัย                      | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 17 สิงหาคม 2563 |
| 2. โครงร่างการวิจัย                         | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 17 สิงหาคม 2563 |
| 3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย          | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 17 สิงหาคม 2563 |
| 4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 17 สิงหาคม 2563 |

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เวียงจิรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุวิพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

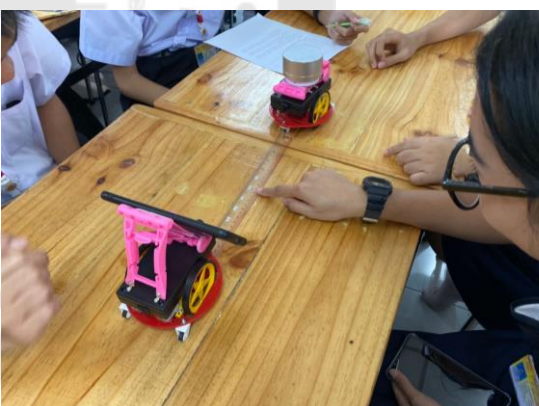
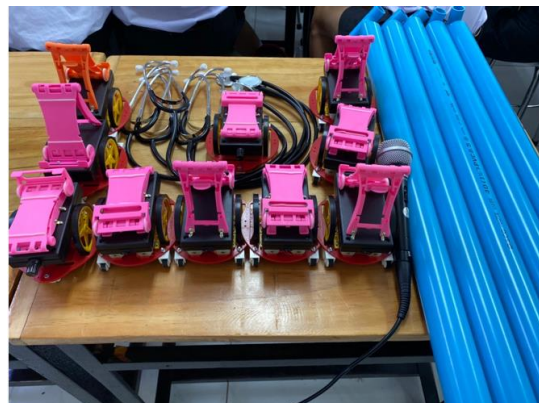
หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-159/2563

วันที่ให้การรับรอง : 17/08/2563

วันหมดอายุใบรับรอง : 17/08/2564



ภาคผนวก จ  
ภาพกิจกรรมการเรียนรู้



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

ทวีช มณีพนา

วัน เดือน ปี เกิด

15 พฤษภาคม 2529

สถานที่เกิด

กรุงเทพมหานคร

วุฒิการศึกษา

พ.ศ. 2551

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เอก วิทยา - ฟิสิกส์

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2555

ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชานโยบาย การจัดการและความเป็นผู้นำ

ทางการศึกษา สาขาพัฒนศึกษา

จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2563

การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ