



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

The Development of Analytical Thinking Ability about Mechanical Wave in  
Grade 11 Students by Using Inquiry Based Learning

นามผู้วิจัย นางสาวยุริ ไชยโพนงาม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์เอกภูมิ จันทระขันตี, ปร.ด.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์อภิชาติ พัฒนโกครัตนา, Ph.D.

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

The Development of Analytical Thinking Ability about Mechanical Wave in Grade 11 Students  
by Using Inquiry Based Learning

โดย

นางสาวยุวรี ไชยโพนงาม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยวรี ไชโยพนงาม 2557: การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่อง คลื่นกล ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ปริญญาศึกษาศาสตร  
มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์เอกภูมิ จันทระจันดี, ปร.ด. 206 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้  
เรื่องคลื่นกล เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ  
ศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียน เรื่อง คลื่นกล การ  
วิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 48 คน  
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนเรื่อง  
ความร้อน แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังเรียนเรื่อง คลื่นกล แบบบันทึกหลัง  
การจัดการเรียนรู้ แบบฝึกหัดและอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะ  
หาความรู้เรื่องคลื่นกล วิเคราะห์เนื้อหาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนและแบบบันทึกหลัง  
การจัดการเรียนรู้ สำหรับด้านความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยจัดกลุ่มคำตอบ  
ของนักเรียนเป็น 3 กลุ่มคำตอบ ในแต่ละตัวบ่งชี้ของการคิดวิเคราะห์แล้วจึงคำนวณค่าความถี่และ  
ค่าร้อยละของจำนวนคำตอบในแต่ละกลุ่มคำตอบทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการวิจัยพบว่า 1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ที่สามารถ  
พัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้ 1) ขั้นสร้างความ  
สนใจ ครูใช้สื่อการทดลองเสมือนจริง สาธิตการทำกิจกรรม และมีการจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มี  
ส่วนร่วมเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน 2) ขั้นสำรวจและค้นหา ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป และ  
ขั้นขยายความรู้ ครูจัดกิจกรรมที่เน้นการทำงานกลุ่มให้นักเรียนได้นำเสนอผลการทำกิจกรรม และ  
การใช้คำถาม เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนและระหว่างนักเรียน  
กับนักเรียน 3) ขั้นประเมินครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วม และถามคำถามเพื่อให้ นักเรียนได้  
แสดงความคิดเห็น 2. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาความสามารถด้านการ  
คิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ การคิดวิเคราะห์  
ของนักเรียนในตัวบ่งชี้การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ  
นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มคำตอบ ควรปรับปรุง แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มคำตอบ ดีมาก ในทุกตัวบ่งชี้

Yuvaree Chaipongnam 2014: The Development of Analytical Thinking Ability about Mechanical Wave in Grade 11 Students by Using Inquiry Based Learning. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Mr. Ekgapoom Jantarakantee, Ph.D. 206 pages.

The purposes of this research were to study the analytical thinking abilities and to find out suitable teaching techniques of inquiry approach on the topic of “Mechanical Wave” on analytical thinking abilities of grade 11<sup>th</sup> students. This research was the action research method. The subject were a group of 48 students, grade 11 in a large size school under the secondary educational service area office 3 in the first semester of academic year 2014. The research instruments consists of: analytical thinking ability test, the teacher’s notes, exercises and the students’ journal. The data on the analytical thinking abilities test were analyzed by content analysis and grouping the answer into 3 groups. The frequency and percentage of the answer in each group was calculated both before and after learning with inquiry approach. The data on teaching techniques on the topic of “Mechanical Wave”. Was analyzed by content analysis from the students’ journal and the teacher’s note.

The results indicated that: 1. Learning with inquiry approach successfully develop analytical thinking abilities of students. It was found that before learning most of students were grouped in the correct answer for the analysis of element issue and incorrect answer for the analysis of relationship issue and misunderstanding answer for the analysis of organizational principles issue On the other hand, after learning with inquiry approach, it was found that most of students were in the correct answer groups in all indicators of analytical thinking abilities. 2. Suitable teaching techniques of inquiry approach on the topic of “Mechanical Wave” are as follows 1) For the engagement and the exploration, demonstration teaching should be added. 2) For the exploration, explanation and elaboration, group work and the proposed activities for the exchange of knowledge. 3) For five step of learning with inquiry approach suitable teaching techniques are participating activities and questions for sharing opinions.

---

Student’s signature

---

Thesis Advisor’s signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งของผู้มีรายนาม ดังต่อไปนี้  
ดร. เอกภูมิ จันทระขันตี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. อภิชาติ พัฒนโกครัตนา อาจารย์ที่  
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้กรุณาให้ความรู้ให้คำปรึกษาแนะนำรวมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง  
ต่างๆจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้  
 ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา ดร.อภิษฐา จันทระประเสริฐ  
และอาจารย์สุชาดา ศรีศกุน ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย  
และให้คำแนะนำจนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลผ่านไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่าน  
ที่ให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ ตลอดจนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่  
ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มอบทุนสนับสนุน  
การศึกษาเรียนรู้ ตลอดจนการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และขอบคุณเพื่อนๆ สาขา  
วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษาเรียนรู้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้ความเอาใจใส่  
กำลังใจ โอกาส และการช่วยเหลือตลอดมา คุณค่า และประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่  
บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักอย่างยิ่ง รวมทั้งครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ยุวรี ไชยโพนงาม

พฤษภาคม 2557

## สารบัญ

## หน้า

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| สารบัญตาราง                                                   | (3) |
| สารบัญภาพ                                                     | (6) |
| บทที่ 1 บทนำ                                                  | 1   |
| ความสำคัญของปัญหา                                             | 1   |
| คำถามการวิจัย                                                 | 5   |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย                                       | 5   |
| ขอบเขตของการวิจัย                                             | 5   |
| นิยามศัพท์เฉพาะ                                               | 6   |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร                                         | 8   |
| การคิดวิเคราะห์                                               | 9   |
| การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้                     | 39  |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                         | 53  |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย                                          | 56  |
| บทที่ 3 วิธีการวิจัย                                          | 57  |
| กลุ่มที่ศึกษา                                                 | 58  |
| การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้          | 58  |
| การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                            | 62  |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล                                           | 67  |
| การวิเคราะห์ข้อมูล                                            | 67  |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล                                | 72  |
| แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล     |     |
| ที่สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของ                |     |
| นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5                                 | 72  |
| ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 |     |
| ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้          | 105 |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                          | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ                                                      | 135  |
| สรุปผลการวิจัย                                                                           | 136  |
| ข้อเสนอแนะ                                                                               | 138  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                                                     | 140  |
| ภาคผนวก                                                                                  | 147  |
| ภาคผนวก ก ราชานามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                      | 148  |
| ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้                 | 151  |
| ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้                           | 154  |
| ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบฝึกหัด                                                              | 179  |
| ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้                                         | 189  |
| ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างแบบประเมินเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์              | 191  |
| ภาคผนวก ช ตัวอย่างแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 | 196  |
| ภาคผนวก ซ ตัวอย่างอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน                                     | 203  |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน                                                              | 206  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                                                                    | หน้า |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | แนวคิดของ Bloom และ Marzano                                                                                                        | 12   |
| 2        | ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน                                | 59   |
| 3        | จำนวนคาบที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้                                                                                          | 61   |
| 4        | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การจำแนกคลื่น        | 73   |
| 5        | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง คลื่นผิวน้ำ          | 75   |
| 6        | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสะท้อนทับของคลื่น | 78   |
| 7        | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การสะท้อนของคลื่น    | 81   |
| 8        | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น     | 84   |
| 9        | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแทรกสอดของคลื่น   | 87   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                                                                                                                                                                 | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 10       | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง คลื่นนิ่ง                                                                                                         | 90   |
| 11       | วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเลี้ยวเบนของคลื่น                                                                                              | 93   |
| 12       | สรุปวิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล                                                                                                                                   | 95   |
| 13       | ผลการวิเคราะห์อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกลที่มีผลต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5                                    | 99   |
| 14       | ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางการจัดการเรียนรู้จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนและวิธีการที่ครูใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล                                                       | 100  |
| 15       | แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์                                                                                                                                                                | 103  |
| 16       | ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัวบ่งชี้ ข้อที่ 1 ก่อนเรียนเรื่องความร้อนและข้อที่ 1 หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล  | 106  |
| 17       | ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัวบ่งชี้ ข้อที่ 2 ก่อนเรียนเรื่องความร้อน และข้อที่ 2 หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล | 112  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                                                                                                                                                                             | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 18       | ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถ<br>ในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัวบ่งชี้ ข้อที่ 3 ก่อนเรียนเรื่อง ความร้อน<br>และข้อที่ 3 หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล | 120  |
| 19       | ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถ<br>ในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัวบ่งชี้ ข้อที่ 4 ก่อนเรียนเรื่อง ความร้อน<br>และข้อที่ 4 หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล | 127  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่     |                                                                                               | หน้า |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1          | กรอบแนวคิดการวิจัย                                                                            | 56   |
| 2          | แสดงขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน                                                      | 57   |
| ภาพผนวกที่ |                                                                                               |      |
| 1          | แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหเมื่อ<br>หน้าคลื่นตกกระทบขนานกับแนวรอยต่อ  | 157  |
| 2          | แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหเมื่อ<br>หน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับแนวรอยต่อ | 158  |
| 3          | แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหเมื่อ<br>หน้าคลื่นตกกระทบขนานกับแนวรอยต่อ  | 158  |
| 4          | แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหเมื่อ<br>หน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับแนวรอยต่อ | 159  |
| 5          | แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหจาก<br>บริเวณน้ำลึกไปยังบริเวณน้ำตื้น      | 160  |
| 6          | แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหจาก<br>บริเวณน้ำตื้นไปยังบริเวณน้ำลึก      | 161  |
| 7          | แสดงการหักเหของคลื่น                                                                          | 162  |
| 8          | แสดงการหักเหของคลื่นจากบริเวณน้ำตื้นไปยังน้ำลึก                                               | 164  |
| 9          | แสดง การหักเหของคลื่นจากบริเวณน้ำลึกไปยังน้ำตื้น                                              | 164  |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) สอดคล้องกับ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (อ้างใน ทิศนา ขัมมณี และคณะ, 2544) ที่ระบุว่าประเทศชาติจะเจริญก้าวหน้าไปได้ขึ้นอยู่กับ การ “คิดเป็น” ของคนในประเทศเป็นสำคัญ การคิดคือการที่คนๆ หนึ่งพยายามใช้พลังสมองของตนในการนำเอาข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ ที่มีอยู่มาวางอย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ เช่น การตัดสินใจเลือกในสิ่งที่ดีที่สุด ดังนั้นการจัดการศึกษาจำเป็นต้องมีการปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อเตรียมเยาวชนให้ก้าวทันต่อสถานการณ์และสภาพการเปลี่ยนแปลงของสังคมที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ก็ต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเองให้มากที่สุด เพื่อให้นักเรียนได้ทั้งกระบวนการเรียนรู้และองค์ความรู้ไปพร้อมๆ กัน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์วิจารณ์ และมีทักษะที่สำคัญในการดำรงชีวิตสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ที่เน้นพัฒนาคนให้มีคุณภาพ มีการเรียนรู้ตลอดชีวิต มีวิธีคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิวิจารณ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานตรวจสอบได้ ซึ่ง สุวิทย์ มูลคำ (2547) ก็ได้กล่าวถึงเรื่องนี้ไว้ทำนองเดียวกันว่าการจัดการศึกษาเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาความสามารถด้านการคิด ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้และความเข้าใจไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา พิจารณาสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีวิจารณญาณ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2548) กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) ว่าเป็นการคิดในระดับพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับทุกคน จะช่วยให้เราเข้าใจข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องต้นของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ต่าง ๆ รู้ว่าเรานั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง รู้อะไรเป็นอะไร ทำให้เราเข้าใจข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานความรู้ที่จะนำไปใช้ในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

เรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องซึ่งสอดคล้องกับ สุวิทย์ มูลคำ (2550) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ว่า การคิดวิเคราะห์จะช่วยให้เราเข้าใจข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ สำรวจความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ปรากฏ โดยสืบค้นตามหลักเหตุผลและข้อมูลที่เป็นจริง ไม่หลงเชื่อข้ออ้างที่เกิดจากตัวอย่างเพียงอย่างเดียว ทำให้มองอย่างครบถ้วน พัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต และประเมินสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างสมจริงสมจัง รวมถึงประมาณการความน่าจะเป็น โดยสามารถใช้ข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ วิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ของสถานการณ์เวลานั้น นอกจากนั้นการมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากทำให้สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตได้ดี รวมทั้งสามารถเลือกตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม มีเหตุผล เป็นคนรอบคอบ สามารถตัดสินใจได้ถูกต้อง เป็นบุคคลที่มีคุณภาพ และสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างเป็นสุข (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551)

การคิดวิเคราะห์ เป็นความคิดในระดับพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ นักการศึกษาและนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้คล้ายคลึงกัน สรุปได้ว่าการคิดวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความจริงของสิ่งที่เกิดขึ้น หรือสิ่งสำคัญที่กำหนดให้ Bloom (1956); Marzano (2001); เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2548); กระทรวงศึกษาธิการ (2549); สุวิทย์ มูลคำ (2550) และ ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551) ทั้งนี้เพราะบุคคลที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะสามารถแก้ไขปัญหา และตัดสินใจสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้น และมีความตระหนักถึงบทบาทของตนเองและสังคม ดังนั้น การพัฒนาคนในสังคมให้มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์จึงถือเป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กับสังคมด้วยเช่นกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยมาศ อาจหาญ (2554); สุธารพิงค์ โนนศรีชัย (2550); นริศรา จันทะนาม (2553) และ อุบล ธรรมแสง (2553) สรุปได้ว่าการจัดกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และสอดคล้องเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากจะสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์แล้วยังช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอีกด้วย

จากประสบการณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 3 เป็นระยะเวลา 6 ปี ผู้วิจัยสามารถรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้ 1) การสอนของตนเองส่วนใหญ่ยังปฏิบัติตามแบบถ่ายโอนความรู้โดยการบรรยาย ครูเป็นผู้สรุปเนื้อหาและแนวคิดสำคัญให้นักเรียน ทำให้นักเรียนไม่มีการเรียนรู้ เป็นการสอนให้นักเรียนท่องจำมากกว่าการสอนให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง ซึ่ง เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับ

เรื่องนี้ไว้ว่า การเรียนการสอนแบบท่องจำที่ปฏิบัติสืบต่อกันมายาวนานหลายร้อยปีนั้น ทำให้เด็กไทยส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การที่ครูไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น วิเคราะห์ เป็น ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตจริงๆ 2) จากการตรวจแบบฝึกหัด และแบบทดสอบวิชาฟิสิกส์ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถตอบคำถามที่เป็น การคิดวิเคราะห์ได้ นักเรียนไม่สามารถจัดประเภทหมวดหมู่ของสิ่งที่กำหนดให้ได้ ไม่สามารถ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้แต่ละเรื่องย่อได้ นอกจากนี้แล้วนักเรียนไม่สามารถทำโจทย์ ปัญหาที่ประยุกต์ได้ 3) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนทั้งในห้องเรียนและขณะทำกิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็น นักเรียนไม่สามารถจำแนก แยกแยะได้ว่าสิ่งใดมีความสำคัญ หรือมีบทบาทมากที่สุด รวมทั้งยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าข้อมูลมี ความสัมพันธ์กัน โดยอาศัยหลักการใด พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมานี้บ่งชี้ให้เห็นถึงลักษณะ ของผู้ที่ไม่มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ซึ่งต้องมีความใฝ่รู้ มีความสามารถในการจำแนก แยกแยะข้อมูล อธิบายได้ว่าข้อมูลที่พิจารณานั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และอาศัยหลักการใด นำไปสู่การสรุป การประยุกต์ใช้ การทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูผู้สอนไม่ บรรลุตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร จึงจำเป็นต้องที่จะต้อง พัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่ง ทิศนา แจมณี (2544) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ว่า ควรมุ่งเน้นที่นักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนา กระบวนการคิด ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงต้องอาศัยหลักการ รูปแบบการเรียนการสอน วิธีสอน และเทคนิคการสอนที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงสนใจ ที่จะออกแบบวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ลงใน เนื้อหาวิชาให้กับนักเรียน โดยครูผู้สอนคอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสืบค้นด้วยตนเอง ได้มีส่วนร่วม ในการทำกิจกรรม เป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัย พยายามหาข้อสรุปทำให้นักเรียนมีการคิดอย่าง เป็นระบบ ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้แบบนี้จะช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ให้กับ นักเรียนได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เมื่อนักเรียนผ่านการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่เน้นให้นักเรียนมีการลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนด้วยกันเองและครู บุญนำ เทียงดี (2548); ฉันทนา กลั่นสำโรง (2550); สุธารพินช์ โนนศรีชัย (2550); ลัดดาวรรณ อิ่มอ้วน (2550); เพ็ญสุดา แจ้งกลาง (2550); บัวลอย อุন্নันนาศ (2550); ศิลา สงอาจันต์ (2551); Eisenkrafe (2003) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้

แบบนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดที่หลากหลาย ในการออกแบบ สำรวจข้อมูล วิเคราะห์ สรุปผล คิดค้น ประดิษฐ์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จนสามารถค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเองโดยวิธีการเรียนรู้แบบนี้ นักเรียนจึงมีโอกาสดูฝึก จำแนกแยกแยะข้อมูล องค์ประกอบของสิ่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เรื่องราว เหตุการณ์ต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ แก่นแท้ องค์ประกอบ หรือหลักการของเรื่องนั้นๆ ทั้งที่อาจแฝงซ่อนอยู่ภายในสิ่งต่างๆ หรือปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมทั้ง หาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อาศัยหลักการใด จนได้ ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุปการประยุกต์ใช้ การทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551)

จากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะช่วย แก้ปัญหานักเรียนขาดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการ เรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ให้มีประสิทธิภาพ สูงขึ้น จากประสบการณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และจากการสอบถามครูที่สอน ในระดับชั้นนี้เกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนและเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ พบว่า 1) นักเรียน ส่วนใหญ่เรียนวิชาฟิสิกส์แบบท่องจำ ไม่สามารถจำแนกแยกแยะ จัดหมวดหมู่ ประเด็นต่างๆ ที่ กำหนดให้ได้ ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์แนวคิดต่างๆ ได้ ไม่สามารถนำความรู้ที่ได้ไป ประยุกต์ใช้ในปัญหาที่กำหนดให้ได้ 2) นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าเรื่อง คลื่นกล เป็นเรื่องที่เข้าใจยาก เนื่องจากมีเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อน นักเรียนไม่สามารถจินตนาการ ต่อยอดจากเนื้อหาที่ครูสอนได้ เพราะครูเน้นท่องจำ ไม่เน้นทดลองทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ นอกจากนี้แล้ว นักเรียนไม่สามารถทำโจทย์เกี่ยวกับการคำนวณคุณสมบัติของคลื่นได้เพราะในการคำนวณนั้นต้อง นำแนวคิดหลายแนวคิดที่เป็นพื้นฐานมารวมกันซึ่งจากการตรวจสอบอัตรานักเรียนไม่ สามารถแยกแยะในแต่ละแนวคิดได้ เช่นการคำนวณ คุณสมบัติการหักเห คุณสมบัติการแทรกสอด และคุณสมบัติการเลี้ยวเบน ซึ่งความรู้เรื่อง คลื่นกล จะเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการศึกษาฟิสิกส์ชั้น สูงต่อไป

จากผลการวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พัฒนาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน พัฒนาการคิดแก้ปัญหา และพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการพัฒนาความสามารถ ด้านการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัด

เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 ซึ่งเป็นเนื้อหา และเป็นบริบทที่แตกต่างจากผลงานวิจัยที่เคยศึกษา โดยผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน รวมทั้งส่งเสริมการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ต่อไป

### คำถามการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีลักษณะอย่างไร
2. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนเรื่อง คลื่นกล ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มีลักษณะเป็นอย่างไร

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียน เรื่อง คลื่นกลด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

### ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ทำการสอน จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 48 คน
2. สิ่งที่ศึกษา คือ 1) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ และ 2) แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

3. ระยะเวลาที่ศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งดำเนินการตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557

4. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เนื้อหาเรื่อง คลื่นกล ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 โดยครอบคลุมแนวคิดเกี่ยวกับ การจำแนกคลื่น อัตราเร็วคลื่น การบอกตำแหน่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบคลื่น การหักเหของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น คลื่นนิ่ง และการเลี้ยวเบนของคลื่น โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 16 คาบ คาบละ 50 นาที

### นิยามศัพท์เฉพาะ

**แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้** หมายถึง วิธีการหรือเทคนิคในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ตามขั้นตอนของวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (Inquiry Cycle) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมิน ในแต่ละขั้นตอนจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจ และส่งเสริมให้นักเรียนคิดผ่านการตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็น มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นๆ โดยใช้แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นเครื่องมือในการค้นหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้

**ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking ability)** หมายถึง ทักษะการคิดขั้นสูงที่แสดงถึงความสามารถในการจำแนกแยกแยะข้อมูล และการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบของข้อมูลเหล่านั้นว่าเชื่อมโยงเกี่ยวพันกันอย่างไร อาศัยหลักการใด เพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ใช้เวลาน้อยที่สุด โดยวัดได้จากการทำแบบฝึกหัด และแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนซึ่งมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย โดยในแต่ละข้อจะมีเนื้อหา ครอบคลุม ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน 3 ด้าน คือ

1. ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of element) เป็นความสามารถที่แยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญและสิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด กล่าวคือ นักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐาน กำหนดปัญหา ระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้

2. ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดและสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ซึ่งนักเรียนสามารถบอกได้ว่าแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างไรโดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการ

3. ด้านการวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles) เป็นการค้นหาโครงสร้างของระบบ เรื่องราว หรือการทำงานต่างๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ในสภาพเช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไร หรือมีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนสามารถนำสมการหลายสมการมาเชื่อมโยงกันเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และสามารถลงข้อสรุปในแต่ละประเด็นปัญหาได้

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบในการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

#### 1. การคิดวิเคราะห์

##### 1.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์

##### 1.2 ลักษณะและองค์ประกอบการคิดวิเคราะห์

##### 1.3 ลักษณะของนักคิดวิเคราะห์

##### 1.4 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์

##### 1.5 การวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

##### 1.6 แบบทดสอบคู่ขนาน

#### 2. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

##### 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

##### 2.2 ประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

##### 2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

## 2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

## 2.5 ข้อดี และ ข้อเสียของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

## 3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### การคิดวิเคราะห์

#### ความหมายของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) เป็นรากฐานสำคัญในการเรียนรู้และการดำเนินชีวิต นักการศึกษาและนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ ไว้ดังนี้

Bloom (1976) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

Bloom (1956 อ้างใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะ ส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือ เนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความสำคัญหรือเนื้อหาของสิ่งต่าง ๆ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์เชิงหลักการ

Marzano (2001) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะ องค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง จัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ หรือหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างสิ่งเหล่านั้นเพื่อค้นหาความจริงในสิ่งที่เกิดขึ้น รวมทั้งคาดการณ์ในสิ่งที่อาจเกิด ขึ้นได้ ประกอบด้วย ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ได้แก่ การจำแนก การจัดหมวดหมู่ การสรุป การอ้างอิง และการคาดการณ์

Heuer Jr (1999) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะ วิเคราะห์ข้อมูลและแก้ปัญหาที่มีความสลับซับซ้อน และสามารถตัดสินใจกับสถานการณ์ต่างๆได้

ทศนา เขมมณี และคณะ (2544) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง การแยกข้อมูล หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ออกเป็นส่วนย่อย ๆ แล้วใช้เกณฑ์ จัดข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้เข้าใจและ เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลในส่วนต่าง ๆ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2548); กระทรวงศึกษาธิการ (2549); สุวิทย์ มูลคำ (2550) และ ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553) ให้ความหมาย ของการคิดวิเคราะห์ไว้สอดคล้องกันสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะ เป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วน ๆ เพื่อค้นหาว่ามีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง รวมถึงบอกความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และความเชื่อมโยง ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความจริงของสิ่งที่เกิดขึ้นหรือสิ่งสำคัญที่กำหนดให้

จากความหมายของการคิดวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราว หรือ เหตุการณ์และความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่างสถานการณ์ที่กำหนดให้

### **ลักษณะและองค์ประกอบการคิดวิเคราะห์**

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์พบว่านักการศึกษาอธิบายลักษณะของการคิดวิเคราะห์แตกต่างกัน เช่น

Bloom (1956 อ้างใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539) กล่าวถึงลักษณะของการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร ส่วนที่สำคัญคืออะไร สำคัญอย่างไร มีอะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และเหตุการณ์หรือเรื่องราวนั้น ดำรงอยู่ได้โดยอาศัยหลักการใด Bloom ได้แบ่งลักษณะการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. วิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of element) หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่า อะไรสำคัญหรือจำเป็น หรือมีบทบาทมากที่สุด

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) หมายถึง การค้นหาว่าองค์ประกอบย่อยๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน อย่างไร อะไรเป็นสาเหตุและอะไรเป็นผล

3. วิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างและระบบของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวหรือการกระทำต่างๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ในสภาพเช่นนั้นได้เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไร หรือมีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง

Marzano (2001 อ้างใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553) ได้กล่าวถึงลักษณะของการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยทักษะสำคัญ 5 ทักษะดังนี้

1. ทักษะการจำแนก เป็นความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยต่างๆ ทั้งเหตุการณ์ เรื่องราว สิ่งของออกเป็นส่วนย่อยๆ ให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถบอกรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ได้
2. ทักษะการจัดหมวดหมู่ เป็นความสามารถในการจัดประเภท จัดลำดับจัดกลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน โดยยึดหลักโครงสร้างลักษณะหรือคุณสมบัติที่เป็นประเภทเดียวกัน
3. ทักษะการเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร
4. ทักษะการสรุปความ หมายถึง ความสามารถในการจับประเด็นและสรุปผลจากสิ่งที่กำหนดให้ได้
5. ทักษะการประยุกต์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หลักการและทฤษฎีมาใช้ในสถานการณ์ต่าง สามารถคาดการณ์ งบประมาณ พยากรณ์ ขยายความ คาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

จากการประมวลแนวคิดของ Bloom และ Marzano จะเห็นได้ว่า ทั้งสองแนวคิดมีความคล้ายคลึงกันสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

## ตารางที่ 1 แนวคิดของ Bloom และ Marzano

| ทักษะการคิดวิเคราะห์                          |                   |
|-----------------------------------------------|-------------------|
| แนวคิดของ Bloom                               | แนวคิดของ Marzano |
| 1. การวิเคราะห์ความสำคัญ หรือวิเคราะห์เนื้อหา | 1. การจำแนก       |
| 2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์                   | 2. การจัดหมวดหมู่ |
| 3. การวิเคราะห์หลักการ                        | 3. การเชื่อมโยง   |
|                                               | 4. การสรุปความ    |
|                                               | 5. การประยุกต์    |

สุวิทย์ มูลคำ (2550) ได้กล่าวถึงลักษณะของการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งของหรือเรื่องราวต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ส่วนประกอบของพืช สัตว์ หรือ ข้าว เป็นต้น
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่างๆ โดยการระบุนความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผล หรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง
3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้นๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด เช่น การให้นักเรียนค้นหาหลักการของเรื่อง การระบุจุดประสงค์ของนักเรียน ประเด็นความสำคัญของเรื่อง เทคนิคที่ใช้ในการจูงใจผู้อ่าน และรูปแบบของภาษาที่ใช้ เป็นต้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) กล่าวถึงความสำคัญของทักษะการสังเกตว่าเป็นพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดย เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ ได้แสดงลำดับขั้นของการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ที่มีพื้นฐานมาจากทักษะการสังเกต ดังนี้

1. จากการสังเกตข้อมูลจำนวนมากๆ ทำให้ได้ข้อเท็จจริง
2. การรวบรวมข้อเท็จจริง และการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงที่บางอย่างขาดหายไป จะนำไปสู่การตีความข้อมูล

3. การตรวจสอบการตีความข้อมูล จะทำให้เกิดการตั้งสมมติฐานขึ้น
4. การตั้งสมมติฐาน นำไปสู่การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น
5. การแสดงความคิดเห็นจะต้องมีหลักฐานและเหตุผลซึ่งจะพัฒนาไปสู่การคิดวิเคราะห์

ในเรื่องเดียวกันนี้ ไพรินทร์ เหมบุตร (2549) ได้อธิบายลักษณะของการคิดวิเคราะห์ในมุมมองที่เกี่ยวข้องกับทักษะไว้ ดังนี้

1. มีความเข้าใจ และให้เหตุผลเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เพื่อแปลความสิ่งนั้นๆ
2. มีการตีความที่แสดงถึง ความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องที่วิเคราะห์
3. มีการสังเกตและถามคำถามโดย ชัดหลัก 5 W 1 H คือ ใคร (Who) อะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When) อย่างไร (How) และ เพราะเหตุใด (Why)
4. มีการแสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ใช้คำถามเพื่อค้นหาคำตอบ สาเหตุของปัญหา การเชื่อมโยงของตัวแปร ผลกระทบที่เกิดขึ้น วิธีการ ขั้นตอนและแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งการคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้น

เนื่องจากการอธิบายถึงลักษณะของการคิดวิเคราะห์ดังที่ได้กล่าวมานี้ สะท้อนถึงความสามารถในการคิดของบุคคล และสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสอนซึ่งเป็นเนื้อหาที่ต้องใช้ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ไว้ 3 ด้านตามลักษณะการคิดวิเคราะห์ของ Bloom ดังนี้

1. ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of element) เป็นความสามารถที่แยกแยะได้ว่าสิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญและสิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด กล่าวคือนักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐาน กำหนดปัญหา ระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้
2. ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดและสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน

ซึ่งนักเรียนสามารถบอกได้ว่าแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการ

3. ด้านการวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles) เป็นการค้นหาโครงสร้างของระบบ เรื่องราว หรือการทำงานต่างๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ในสภาพเช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไร หรือมีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนสามารถนำสมการหลายสมการมาเชื่อมโยงกันเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และสามารถลงข้อสรุปในแต่ละประเด็นปัญหาได้

### ลักษณะของนักคิดวิเคราะห์

วรรณ บัญฉิม (2541) มีแนวคิดว่าลักษณะของบุคคลที่มีความคิดวิเคราะห์ คือ

1. สามารถเข้าใจความหมายของข้อความและรู้เรื่องราวที่นำมาอ้างเพื่อสนับสนุนเหตุผลและข้อโต้แย้งต่างๆ
2. เป็นบุคคลที่สามารถพิจารณา และ ตัดสินข้อความที่ขัดแย้งซึ่งกันและกันได้ เพื่อประโยชน์ในการตัดข้อความที่ขัดแย้งออก ลักษณะเช่นนี้ ก็ต้องอาศัยพื้นฐานทางตรรกศาสตร์
3. สามารถพิจารณาและตัดสินได้ว่ามีข้อมูลเพียงพอหรือไม่
4. สามารถพิจารณาและตัดสินข้อสรุปตามที่มีข้อมูลสนับสนุนได้โดยใช้การตัดสินแบบอนุมาน
5. สามารถพิจารณาและตัดสินข้อความที่เป็นหลักการและนำไปประยุกต์ใช้ได้
6. สามารถพิจารณาและตัดสินข้อความที่สังเกตได้ว่าเชื่อถือได้เพียงใด
7. สามารถพิจารณาและตัดสินเหตุผลในการลงข้อสรุปแบบอนุมานได้
8. สามารถพิจารณาและตัดสินได้ว่าการกำหนดปัญหาแล้วหรือยัง

9. สามารถพิจารณาและตัดสินข้อความที่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น

10. สามารถพิจารณาได้ว่ามีคำนิยามเพียงพอหรือยัง

11. สามารถพิจารณาข้อความที่

Hudgins (n.d. อ้างใน ลาวรรณ โสมแพน, 2550) ได้อธิบายลักษณะของผู้มีความคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. เป็นบุคคลที่มีความเข้าใจถึงองค์ประกอบสำคัญของข้อโต้แย้งอธิบายว่าความคิดวิจารณ์จะเกิดขึ้นถ้าไม่ตระหนักหรือเข้าใจในสิ่งที่ข้อโต้แย้ง หรือ ทำนายผลที่น่าจะเกิดขึ้น

2. สามารถแสวงหาหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้ง หรือข้อสรุปได้ว่าลักษณะนี้มีความสำคัญมากต่อการตัดสินใจเรื่องราวได้ถูกต้องมีเหตุผลซึ่งสามารถตรวจสอบหลักฐานตามวิธีการต่อไปนี้

2.1 พิจารณาข้อเท็จจริง จากข้อมูลที่สังเกตได้หรือข้อมูลอื่นๆ

2.2 พิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนของหลักฐานที่จะนำมาประกอบการลงข้อสรุป เช่น ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจจะเชื่อถือไม่ได้ รายงานที่ขาดหลักฐานไม่น่าเชื่อถือ

จุฬาลักษณ์ ภูปัญญา (2550) กล่าวว่า พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงว่าเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ คือ สามารถกำหนดเกณฑ์ในการจำแนกข้อมูลได้ สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้องตามเกณฑ์ จัดหมวดหมู่ได้อย่างถูกต้องสามารถเปรียบเทียบและจัดลำดับข้อมูลได้ และสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบได้อย่างมีความหมาย

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) และ สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้อธิบายลักษณะของผู้มีความคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. ช่างสังเกต ช่างสงสัยและช่างใคร่ครวญ
2. ช่างซักไซ้ ช่างไต่ถามและช่างแจกแจง
3. ช่างสืบค้น ช่างสะสมและช่างเรียนรู้
4. ช่างคิด ช่างวิเคราะห์ และอ้างว่าไม่มีเวลาคิด
5. ช่างคิดให้ครบ คิดให้ทะลุปรุโปร่ง
6. มีความสามารถในการตีความ
7. มีความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล

สรุปได้ว่า บุคคลที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จะต้องมีลักษณะทันเหตุการณ์ แสวงหาความรู้และข้อมูลต่างๆ อยู่ตลอด มีวิสัยทัศน์ที่กว้าง เพื่อนำมาใช้พิจารณาตัดสินใจ เกี่ยวกับเรื่องราวหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้เมื่อมีปัญหา โดยมีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน

#### การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะความคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้เสนอแนะแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษา (Case Study Method) ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญดังนี้

1. ช้่นนำเสนอกรณีศึกษา คือการนำเสนอกรณีศึกษาหรือตัวอย่างที่ศึกษา
2. ช้่นการศึกษากรณีหรือตัวอย่าง มีขั้นตอนย่อย ดังนี้
  - 2.1 แบ่งกลุ่ม
  - 2.2 นักเรียนศึกษากรณีศึกษา

### 2.3 อภิปรายกลุ่มย่อยและสรุปผลการอภิปราย

### 2.4 นำเสนอการอภิปรายระหว่างกลุ่ม

## 3. ขั้นสรุปผลการเรียนรู้ มีขั้นตอนย่อยดังนี้

### 3.1 สรุปผลการเรียนรู้

### 3.2 ประเมินผลการเรียนรู้

นอกจากนี้แล้ว ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ได้เสนอแนะแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีโอกาสดิวิเคราะห์ สรุปได้ดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่จะวิเคราะห์ว่าจะวิเคราะห์อะไร กำหนดขอบเขตและนิยามของสิ่งที่จะคิดให้ชัดเจนเช่น จะวิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อมหมายถึงปัญหาที่เกี่ยวกับขยะที่เกิดขึ้นในโรงเรียนของเรา

2. กำหนดจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ว่าต้องการวิเคราะห์เพื่ออะไร เช่น เพื่อจัดอันดับเพื่อหาเอกลักษณ์ เพื่อหาข้อสรุป เพื่อหาสาเหตุ เพื่อหาแนวทางแก้ไข

3. พิจารณาข้อมูลความรู้ ทฤษฎี หลักการ กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ว่าจะใช้หลักใดเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และจะใช้หลักความรู้นั้นในการวิเคราะห์อย่างไร เช่น จะจำแนกหรือจัดหมวดหมู่ของสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในห้องเรียนออกเป็นสองกลุ่ม จะใช้เกณฑ์อะไรจำแนก เช่น เกณฑ์สิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต หรือ เกณฑ์เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เป็นต้น

### 4. สรุปและรายงานผลการวิเคราะห์ให้เป็นระบบและชัดเจน

ลาวรรณ โสมแพน (ม.ป.ป. อ้างใน ดิลก ดิลกานนท์, 2550) ได้เสนอแนวทางในการฝึกให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นนี้นักเรียนต้องรวบรวมปัญหา หาข้อมูลพร้อมสาเหตุของปัญหา จากการคิด การถาม การอ่าน หรือ การพิจารณาจากข้อเท็จจริงนั้นๆ

2. กำหนดทางเลือก เมื่อหาสาเหตุของปัญหานั้นได้แล้ว นักเรียนต้องหาทางเลือกที่จะแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ และข้อจำกัดต่างๆ ทางเลือกที่จะแก้ปัญหานั้นไม่จำเป็นต้องมีทางเลือกเดียว อาจมีหลายทางเลือกก็ได้

3. ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เป็นการพิจารณาทางเลือกที่ใช้แก้ปัญหานั้นโดยมีเกณฑ์ในการตัดสินใจที่สำคัญ คือ ผลดีผลเสียที่เกิดขึ้นจากทางเลือกนั้นทั้งที่เกิดขึ้นในด้านส่วนตัวและสังคมรวม

4. ตัดสินใจเพื่อพิจารณาเลือกอย่างรอบคอบในขั้นตอนที่ 3 แล้วจึงตัดสินใจเลือกทางเลือกที่คิดว่าดีที่สุด

Beyer (1985 อ้างใน ถาวรณ โอมแพน, 2550) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ ในการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. แนะนำทักษะที่ฝึก
2. นักเรียนทบทวนกระบวนการค้น ทักษะ กฎ และความรู้ที่เกี่ยวข้องกับทักษะที่ฝึก
3. นักเรียนใช้ทักษะเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนด
4. นักเรียนทบทวนสิ่งที่คิดหรือสิ่งที่เกิดขึ้นในสมองขณะที่ทำกิจกรรม

จากแนวคิดของนักการศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สามารถทำได้โดย ให้นักเรียนหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีลำดับขั้นตอนแล้วนำข้อมูลมาประมวลผล โดยใช้ ทักษะพื้นฐานเช่น การสังเกต การสืบค้น การทำนาย แล้วตัดสินใจลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ

## แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

ในการศึกษาแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผู้วิจัยศึกษาและเทียบเคียงจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดเพราะมีความใกล้เคียงกับแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มากที่สุด ซึ่งแบบวัดความสามารถด้านการคิดแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดซึ่งมีผู้สร้างไว้แล้ว กับแบบวัดความสามารถในการคิดที่สร้างขึ้นใช้เอง (ทศนา แหมมณี, 2544) มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถด้านการคิด เป็นแบบวัดที่มีผู้สร้างไว้แล้ว สามารถจัดกลุ่มได้ 2 ประเภท ได้แก่ แบบวัดการคิดทั่วไป และแบบวัดการคิดเฉพาะด้าน (Norris and Ennis, 1989 อ้างใน ทศนา แหมมณี, 2544) ดังนี้

1.1 แบบวัดการคิดทั่วไป เป็นแบบวัดที่มุ่งวัดให้ครอบคลุมความสามารถในการคิด โดยเป็นความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของการใช้ความรู้ทั่วไป แบบวัดลักษณะนี้ส่วนใหญ่เป็นแบบเลือกตอบ ตัวอย่างแบบวัดมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดทั่วไปที่สำคัญ (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, 2540) ดังนี้

### 1.1.1 Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal

แบบทดสอบนี้สร้างโดยวัตสันและเกลเซอร์ ประมาณปี ค.ศ. 1937 และพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ฉบับปรับปรุงล่าสุดในปี ค.ศ.1980 สำหรับใช้กับนักเรียนระดับ ม.3 ถึงวัยผู้ใหญ่ แบบทดสอบมี 2 ฟอรัม ซึ่งคู่ขนานกัน คือ ฟอรัม A และฟอรัม B แต่ละฟอรัมประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย ข้อสอบรวมทั้งหมด 80 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที แต่ละแบบทดสอบวัดความสามารถในความคิดต่าง ๆ ดังนี้

- ความสามารถในการสรุปอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจว่าความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้ มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปของสถานการณ์ 3-5 ข้อ สรุปจากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่า ข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง (True) น่าจะเป็นจริง (Probably True) ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ (Insufficient Data) น่าจะเป็นเท็จ (Probably False) และเป็นเท็จ (False)

ตัวอย่างข้อคำถาม สุภาพร ไชยวงศ์ (2552)

**สถานการณ์:** กรรมการหมู่บ้าน จำนวน 50 คน เดินทางไปประชุมในวันหยุดสุดสัปดาห์ที่ศาลากลางจังหวัดในตัวเมืองนครปฐม หัวข้อที่ประชุม คือ การพัฒนาสภาพแวดล้อมของหมู่บ้าน ซึ่งนับเป็นประเด็นสำคัญสำหรับความเป็นอยู่ของสมาชิกในหมู่บ้าน

### ข้อสรุป

1. กรรมการหมู่บ้านที่ไปฟังประชุมในครั้งนี้มีความสนใจเป็นพิเศษต่อปัญหาการกำจัดขยะภายในหมู่บ้านมากกว่ากรรมการหมู่บ้านคนอื่นๆ
2. กรรมการหมู่บ้านกลุ่มนี้ส่วนใหญ่อายุ 35-60 ปี
3. กรรมการหมู่บ้านที่มาประชุมครั้งนี้มาจากหลายจังหวัด
4. การประชุมครั้งนี้มีการอภิปรายกับเรื่องปัญหาเศรษฐกิจ
5. กรรมการหมู่บ้านจำนวนหนึ่งมีความคิดว่า ปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของหมู่บ้านเป็นเรื่องสำคัญ

จากข้อสรุปข้อที่ 1-5 ให้นักศึกษาอ่านและทำความเข้าใจข้อสรุปนั้นๆ ทีละข้อ แล้วตัดสินระดับความเป็นจริงและเท็จของข้อสรุปนั้นๆ

**คำถาม:** กรรมการหมู่บ้านที่ไปฟังประชุมในครั้งนี้มีความสนใจเป็นพิเศษต่อปัญหาการกำจัดขยะภายในหมู่บ้านมากกว่ากรรมการหมู่บ้านคนอื่นๆ

- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| ก. เป็นจริง            | ข. น่าจะเป็นจริง |
| ค. ข้อมูลยังไม่เพียงพอ | ง. น่าจะไม่จริง  |
| จ. ไม่จริง             |                  |

- ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption)  
เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น หรือไม่เป็นข้อตกลง

เบื้องต้น ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้แล้ว มีข้อความตามสถานการณ์  
ละ 2-3 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่าข้อความในแต่ละข้อ ข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลง  
เบื้องต้นของสถานการณ์ทั้งหมด

ตัวอย่างข้อคำถาม ภัทรธา โต๊ะบุรินทร์ (2543)

**สถานการณ์ :** พวกเราต้องการประหยัดเวลาในการเดินทาง ดังนั้นจะเป็นการดี  
ที่เราจะเลือกเดินทางโดยเครื่องบิน

ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของข้อความข้างต้น

1. การเดินทางโดยเครื่องบินจะใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการเดินทางแบบอื่น
2. การใช้บริการเครื่องบินทำให้เราใช้เวลาเดินทางสู่จุดหมายปลายทางน้อยที่สุด
3. การเดินทางโดยเครื่องบินสะดวกกว่าการเดินทางโดยรถไฟ

- ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการ  
หาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้างโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการ  
กำหนดข้ออ้างมาให้ แล้วมีข้อสรุปตามมาข้ออ้างละ 2-3 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่า  
ข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่จำเป็น เป็นไปได้ หรือไม่เป็นไปตามข้ออ้างนั้น

ตัวอย่างข้อคำถาม ภัทรธา โต๊ะบุรินทร์ (2543)

**สถานการณ์ :** วันหยุดบางวันฝนตกและทุกวันที่ฝนตกน่าเบื่อ

ให้สรุปว่าข้อความต่อไปนี้เป็นการนิรนัย หรือ ไม่เป็น การนิรนัย ของ  
ข้อความข้างต้น

1. ไม่มีวันที่แจ่มใสวันใดที่น่าเบื่อ

2. วันหยุดบางวันเป็นวันที่น่าเบื่อ

3. วันหยุดบางวันไม่น่าเบื่อ

- ความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการแปลความหมายหรือตีความข้อความที่กำหนดให้ และพิจารณาว่าข้อสรุปที่ตามมาเป็นข้อสรุปที่มีความหมายเดียวกันกับข้อความนั้นหรือไม่

ข้อคำถาม ภัทรรา โต๊ะบุรินทร์ (2543)

**สถานการณ์ :** จากการศึกษาพัฒนาการเด็กด้านการเรียนรู้คำศัพท์ของเด็กวัย 8 เดือน ถึง 6 ปี พบว่าจำนวนการเรียนรู้คำศัพท์ในเด็กวัย 8 เดือน เท่ากับ 0 คำ และจำนวนการเรียนรู้คำศัพท์ของเด็กวัย 6 ปี มี 2562 คำ

ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้เป็นการแปลความหมายของข้อความข้างต้น

1. ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีเด็กคนใดพูดได้เมื่ออายุ 6 เดือน
2. พัฒนาการทางด้านคำศัพท์ที่ช้าที่สุดเป็นช่วงเด็กหัดเดิน

- ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) เป็นการวัดความสามารถของผู้ทำแบบทดสอบ ในการประเมินความสมเหตุสมผล หรือ ความมีน้ำหนักของข้อโต้แย้ง

ตัวอย่างข้อคำถาม ภัทรรา โต๊ะบุรินทร์ (2543)

**สถานการณ์ :** เด็กทุกคนในประเทศไทยต้องไปโรงเรียน จริงหรือไม่

พิจารณาข้อโต้แย้งต่อไปนี้ว่าเป็นข้อโต้แย้งที่มีน้ำหนักและสัมพันธ์กับคำถามหรือไม่

1. จริง เพราะโรงเรียนจะเตรียมโอกาสสำหรับพวกเขาในการเรียนรู้เพลงประจำโรงเรียนและเพลงเชียร์

2. จริง เพราะโรงเรียนจะช่วยให้เด็กมีโอกาสเรียนรู้สังคมมากขึ้น

3. ไม่จริง เพราะการเรียนมากเกินไปเป็นความวิปริตอย่างถาวรของพฤติกรรมมนุษย์

### 1.1.2 Cornell Critical Thinking Test, Level X and Level Z

แบบประเมินการคิดชุดนี้แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับ X สำหรับนักเรียนตั้งแต่เกรด 4 ถึง เกรด 12 (เทียบเท่ากับ ป.4 ถึง ม.6) และ ระดับ Z สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาในมหาวิทยาลัยและผู้ใหญ่ ผู้ที่ทำแบบทดสอบทั้ง 2 ระดับจะต้องสามารถระบุการใช้เหตุผลที่ดีและไม่ดีโดยการประเมินข้อความในโจทย์

แบบทดสอบส่วนแรกของระดับ Z จะวัดความสามารถในการนิรนัย (Deduction) ผู้ทำแบบทดสอบจะต้องประเมินโดยใช้ทางเลือกระบบดังนี้

- A. ข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลกับข้อความที่กำหนดให้
- B. ข้อสรุปขัดกับข้อความที่กำหนดให้
- C. ไม่ใช่ทั้งคู่

ตัวอย่างที่ยกขึ้นมาเป็นการถกเถียงกันของคนกลุ่มหนึ่งเกี่ยวกับสิทธิในการลงคะแนนเลือกตั้งของบุคคลอายุ 18 ปี

1. คุณวิไลสตติง บอกว่าเด็กอายุ 18 ยังไม่เคยผจญกับปัญหาในโลก และผู้ที่ไม่เคยผจญกับปัญหาในโลกนี้มาก่อนก็ไม่ควรจะมีสิทธิในการลงคะแนนเลือกตั้ง สิ่งที่เขาพูดนั้นก็ถูก แต่เด็กอายุ 18 ก็น่าจะมีสิทธิในการลงคะแนนนะ เพราะอายุขนาดนี้ก็น่าจะมีวุฒิภาวะสูงพอแล้ว ไม่ใช่หรือ?

2. ยิ่งไปกว่านั้นเด็กอายุ 18 ควรจะต้องมีสิทธิในการลงคะแนนเลือกตั้ง เพราะทุกคนที่อาจจะได้รับความยากลำบากที่เกิดจากผลของการเลือกตั้งน่าจะต้องมีสิทธิทุกคน เห็นชัดๆ อยู่แล้วว่าเด็กอายุ 18 จะต้องได้รับผลกระทบจากการตัดสินใจของผู้เลือกตั้งแน่

แบบทดสอบส่วนอื่นๆ จะวัดการแปรความหมายของประโยค (Semantics) ความน่าเชื่อถือของข้อความ (Credibility of Statements) การอุปนัย (Induction) การระบุคำจำกัดความ (Definition Identification) และ การระบุข้อสันนิษฐาน (Assumption Identification)

สำหรับแบบทดสอบในระดับ X ก่อนข้างจะนำอ่านกว่าระดับ Z โดยผู้ออกแบบทดสอบได้ผูกเรื่องและคำถามในลักษณะ Story Line โดยแต่งเป็นเรื่องของหน่วยกู้ภัยในอนาคตซึ่งต้องนำยานอวกาศไปลงที่ดาวนิโคมา เพื่อค้นหาว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับนักสำรวจชุดแรกที่ถูกส่งมาก่อนหน้านี้ซึ่งขณะนี้ได้สาบสูญไป สมาชิกของหน่วยกู้ภัยก็จะตั้งข้อสังเกต สมมุติฐาน รับฟังรายงานจากผู้ทรงคุณวุฒิ และแปลความหมายของหลักฐานต่างๆ ผู้ทำแบบทดสอบจะต้องตอบคำถามแบบเลือกตอบ ซึ่งออกแบบมาเพื่อวัดการคิดวิจารณ์ในการพิจารณาสารสนเทศที่ได้รับมา ว่าเป็นเหตุเป็นผล มีความน่าเชื่อถือ และมีการสันนิษฐานบ้างหรือไม่

แบบประเมินการคิดวิจารณ์ Cornell Critical Thinking Test ในระดับ X มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Reliability) วัดโดยวิธีการของ Kuder-Richardson อยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 0.90 ในการทดสอบกับนักเรียนในระดับเกรด 8 (เทียบเท่ากับ ม.2) และ 0.77 ถึง 0.81 สำหรับนักเรียนในระดับเกรด 12 (เทียบเท่ากับ ม.6) แต่มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบกับผลการเรียนในระดับที่แตกต่างกันมากคือ 0.27 เมื่อวัดเทียบกับส่วนที่ไม่เกี่ยวกับภาษาของ California Test of Mental Maturity และสูงถึง 0.74 เมื่อเทียบกับ Otis-Lennon School Ability Test (McDaniel and Lawrence 1990:6)

แม้ว่าแบบประเมินการคิดวิจารณ์ Cornell Critical Thinking Test เป็นแบบทดสอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ค่อนข้างสูงและค่อนข้างสะดวกในการนำไปใช้แต่มีปัญหาเดียวกับแบบประเมินการคิดวิจารณ์ของวัตสันและเกลเซอร์ คือผู้ที่ทำแบบทดสอบไม่มีโอกาสที่จะได้คิดและตอบคำถามด้วยตนเอง สิ่งที่แบบทดสอบวัดก็คือความสามารถในการประเมินความคิดของผู้อื่นซึ่งถูกเสนอขึ้นมาให้ดูเท่านั้น และไม่สามารถวัดการคิดในด้านอื่นๆ ได้ครบถ้วน เช่น ความคิดสร้างสรรค์

การวัดและประเมินการคิดได้แย่งแบบทดสอบมาตรฐานปรนัยได้รับการโต้แย้งจากนักวิชาการที่สนใจวัดการคิดโดยมีเหตุผลแย้งดังที่ได้อธิบายมาก่อนหน้านี้จึงมีผู้ที่มีแนวความคิดที่จะวัดการคิดโดยใช้วิธีการเขียนด้วยตนเองหรืออัตนัย

### 1.1.3 Ross Test of Higher Cognitive Processes

แบบทดสอบนี้สร้างโดย จอห์น และแคธริน เมื่อปี ค.ศ. 1976 และพัฒนาปรับปรุงในปี ค.ศ. 1979 ใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบทดสอบนี้มุ่งวัดความสามารถทางสมองขั้นสูงระดับการวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) และการประเมิน (Evaluation) ตามการจัดระดับความมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม (Bloom's Taxonomy of Education Objectives) ประกอบด้วยข้อสอบ 105 ข้อ แบ่งสอบเป็น 2 ครั้ง โดยครั้งละประมาณ 60 นาที แบบทดสอบมีทั้งหมด 8 ตอน คือ การอุปมาอุปไมย (Analogies) การใช้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) ข้อสมมุติที่ขาดหายไป (Missing Premises) ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม (Abstract Relations) การสังเคราะห์อย่างเป็นลำดับ (Sequential Synthesis) กลยุทธ์การตั้งคำถาม (Questioning Strategies) การวิเคราะห์ความตรงประเด็นของสารสนเทศที่ใช้ (Analysis of Relevant and Irrelevant Information) และการวิเคราะห์คุณลักษณะ (Analysis of Attributes)

### 1.1.4 New Jersey Test of Reasoning Skill

แบบทดสอบนี้สร้างโดยสถาบันส่งเสริมด้านปรัชญาสำหรับเด็ก (Institute for the Advancement of Philosophy for Children) เพื่อใช้ในโครงการปรัชญาสำหรับเด็กเมื่อปี ค.ศ. 1983 ใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป จนถึงระดับมัธยมศึกษา แบบทดสอบนี้ต้องการวัดความสามารถด้านการใช้เหตุผลทางภาษา ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก ข้อสอบมีทั้งหมด 50 ข้อ แบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) การอุปนัย (Induction) การอ้างเหตุผลที่ดี (Good Reasons) และชนิดและระดับ (Kind and Degrees) คุณภาพแบบทดสอบมีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.85 จนถึง 0.91 สำหรับความตรงของแบบทดสอบ มีความครอบคลุมถึงทักษะสำคัญ 2 ประเภท ได้แก่ ทักษะการใช้เหตุผล ผลทักษะการ สืบเสาะ

### 1.1.5 The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test

The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test พัฒนาโดยเอนนิสและอีริก (Ennis and Weir, 1985) แบบสอบนี้เป็นแบบอัตนัย ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา แต่มีผู้นำไปใช้อย่างได้ผลกับเด็กนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบสอบนี้ต้องการทดสอบประเด็นการคิดที่สำคัญเกี่ยวกับการจับประเด็น (getting the point) การพิจารณาเหตุผลและข้อตกลงเบื้องต้น (seeing the reason and assumption) การเสนอประเด็นของตนเอง (stating one's point) การใช้เหตุผลที่ดี (offering good reasons) การพิจารณาประเด็นหรือคำอธิบายแบบประเมินการคิดวิจารณ์แบบเขียนเรียงความของ Ennis-Weir ใช้วิธีการเขียนบรรยายคำตอบและประเมินการคิดของผู้ทำแบบประเมินโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ก่อน ในตัวอย่างจะสมมติให้ผู้ทำแบบทดสอบเป็นบรรณาธิการของหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่ง ซึ่งต้องตอบจดหมายของผู้ร้องเรียนเรื่องการจอดรถในถนน ระหว่างตี 2 ถึง 6 โมงเช้า ข้อความ 1 ย่อหน้าในแบบประเมินเป็นดังนี้

“เหตุผลหนึ่งก็คือ การจอดรถข้างถนนในเวลากลางคืนก็คือการมีโรงรถอยู่บนถนนนั่นเอง ขณะนี้การที่ใครๆ จะมีโรงรถอยู่บนถนนถือเป็นเรื่องที่ไม่ถูกกฎหมาย จึงเป็นเรื่องที่ชัดเจนอยู่แล้วที่จะต้องห้ามมิให้มีการจอดรถในเวลากลางคืน ”

1.2 แบบวัดการคิดเฉพาะด้าน เป็นแบบวัดที่มุ่งวัดความสามารถในการคิดด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น

1.2.1 Cornell Class Reasoning Test, Form X

1.2.2 Cornell Conditional Reasoning Test, Form X

1.2.3 Logical Reasoning

1.2.4 Test on Appraising Observations

2. แบบวัดความสามารถในการคิดที่สร้างขึ้นใช้เอง เป็นเครื่องมือที่ผู้พัฒนาแบบวัดสร้างขึ้นเพื่อวัดตัวแปรในงานของตนเอง โดยทั่วไปการพัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดที่สร้างขึ้นใช้เอง จะมีหลักการและขั้นตอน ดังนี้

### 2.1 หลักการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิด

ในการวัดความสามารถทางการคิดด้านใดก็ตาม ผู้พัฒนาแบบวัดจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของความคิดนั้น กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ จะต้องมีความชัดเจนเกี่ยวกับนิยามเชิงปฏิบัติการ โครงสร้างหรือองค์ประกอบของความคิดนั้นๆ ก่อน จากนั้นจึงมากำหนดตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบของความคิดที่ต้องการจะศึกษา

### 2.2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด

ในการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด มีขั้นตอนดำเนินการที่สำคัญ ดังนี้ (ทิสนา แคมมณี, 2544)

#### 2.2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัด

การกำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิด ผู้พัฒนาแบบวัดจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบวัดไปใช้ด้วยว่า ต้องการวัดความสามารถทางการคิดทั่วไป หรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะด้าน (Aspect-specific) การวัดนั้นมุ่งติดตามความก้าวหน้าของความสามารถทางการคิด (Formative) หรือต้องการเน้นการประเมินผลสรุปรวม (Summative) ซึ่งจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบวัดนี้มีความสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกลักษณะของแบบวัด การนำแบบวัดไปใช้รวมทั้งการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบวัดนั้น

#### 2.2.2 กำหนดกรอบของการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการ

ผู้พัฒนาแบบวัดควรศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ผู้พัฒนาแบบวัดควรคัดเลือกแนวคิดหรือทฤษฎีที่เหมาะสมกับบริบทและจุดมุ่งหมายที่ต้องการเป็นหลัก แล้วศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งเพื่อกำหนดโครงสร้างและ

องค์ประกอบของความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีและให้นิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definition) ของแต่ละองค์ประกอบในเชิงรูปธรรมของพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้นได้

### 2.2.3 การสร้างผังข้อสอบ

การสร้างผังข้อสอบเป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบวัดความสามารถทางการคิดว่าต้องการสร้างให้ครอบคลุม โครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้างตามทฤษฎีและกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

ในกรณีที่ต้องการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิดสำหรับใช้เฉพาะวิชาใดวิชาหนึ่ง ผู้พัฒนาแบบวัดต้องกำหนดเนื้อหาวิชาว่าจะต้องใช้เนื้อหาใดจึงจะเหมาะสมกับการวัดความสามารถทางการคิดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเนื้อหาในแต่ละองค์ประกอบความสามารถทางการคิด เป็นผังข้อสอบสำหรับนำไปใช้เขียนข้อสอบต่อไป

### 2.2.4 เขียนข้อสอบ

กำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน เช่น กำหนดว่าตัวคำถามเป็นลักษณะสถานการณ์ สภาพปัญหาหรือข้อมูลสั้นๆอาจได้มาจากบทความ รายงานต่างๆ บทสนทนาที่พบในชีวิตประจำวัน หรืออาจเขียนขึ้นมาเอง ส่วนคำตอบอาจเป็นข้อสรุปของสถานการณ์ หรือปัญหานั้น 3-5 ข้อสรุป เพื่อให้ผู้ตอบพิจารณาตัดสินใจว่าข้อสรุปใดน่าเชื่อถือกว่ากัน น่าจะเป็นจริงหรือไม่ เป็นต้น ส่วนการตรวจให้คะแนนมีการกำหนดเกณฑ์การตรวจไว้ เช่น ตอบถูกต้องคำเฉลี่ยได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน เป็นต้น

เมื่อกำหนดรูปแบบของข้อสอบแล้ว ก็ลงมือร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ภาษาที่ใช้ควรเป็นไปตามหลักการเขียนข้อสอบที่ดีโดยทั่วไป แต่สิ่งที่จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ได้แก่ การเขียนข้อสอบให้วัดได้ตรงตามโครงสร้างของการวัดพยายามหลีกเลี่ยงคำถามนำและคำถามที่ทำให้ผู้ตอบสับสนตอบเพื่อให้ผู้คิด

หลังจากร่างข้อสอบเสร็จแล้ว ควรมีการทบทวนข้อสอบเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมของแบบวัดและความชัดเจนของภาษาที่ใช้ โดยผู้เขียนข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบวัดความสามารถในการคิด

2.2.5 นำแบบวัดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง หรือกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียง แล้วนำผลการตอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยทำการวิเคราะห์ข้อสอบและวิเคราะห์แบบสอบ

วิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อในด้านความยากง่าย ( $p$ ) และอำนาจจำแนก ( $r$ ) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย เหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้พร้อมทั้งปรับปรุงข้อที่ไม่เหมาะสม

คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพเหมาะสม/หรือข้อสอบ ที่ปรับปรุงแล้ว ให้ได้จำนวนตามผังข้อสอบเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงของเนื้อหา และนำไปทดลองใช้ใหม่อีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์แบบสอบในด้านความเที่ยง (Reliability) แบบสอบควรมีความเที่ยงเบื้องต้น อย่างน้อย 0.5 จึงเหมาะสมที่นำไปใช้ได้ ส่วนการตรวจสอบความตรง (Validity) ของแบบทดสอบถ้าสามารถหาเครื่องมือวัดความสามารถทางการคิดที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้เปรียบเทียบได้ก็ควรคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ของแบบสอบด้วย

### 2.2.6 นำแบบวัดไปใช้จริง

หลังจากวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อและวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับว่าเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่ต้องการแล้ว จึงนำแบบวัดความสามารถทางการคิดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง ในการใช้แบบวัดทุกครั้งควรมีการรายงานค่าความเที่ยง (Reliability) ทุกครั้งก่อนนำผลการวัดไปแปลความหมาย

## 3. ประเภทของแบบทดสอบอัตนัย

แบบทดสอบอัตนัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 แบบทดสอบแบบไม่จำกัดความยาว (Unrestrict Response) เป็นแบบทดสอบที่ไม่จำกัดคำตอบ แต่ผู้สอบจะต้องจำกัดคำตอบให้เหมาะสมกับคำถามและเวลา โดยจะต้องเรียบเรียงความ

รู้ ความคิดและจัดลำดับความรู้ที่สำคัญ แล้วเรียบเรียงออกมาเป็นคำตอบตามความคิดและเหตุผลของตน โดยให้มีความยาวที่เหมาะสมกับหลักและเหตุผลที่คำถามต้องการ

ข้อดีของแบบทดสอบประเภทนี้ คือ สามารถใช้วัดความสามารถระดับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินผลได้เป็นอย่างดี จึงมักใช้กับผู้เรียนในระดับชั้นสูง ลักษณะคำถามมักมีคำว่า “จงอธิบาย อภิปราย เปรียบเทียบ วิเคราะห์ สรุปประเด็นสำคัญ แสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ประเมินผล แนวทางแก้ปัญหา” เป็นต้น แต่มักมีปัญหาในการควบคุมทิศทางการตอบ และการตรวจให้คะแนน

### 3.2 แบบทดสอบแบบจำกัดคำตอบหรือตอบแบบสั้น (Restricted Response or Shot Essay Item)

เป็นแบบทดสอบที่จำกัดกรอบของเนื้อหาหรือรูปแบบของแนวทางคำตอบ และกำหนดขอบเขตของประเด็นให้ตอบในเนื้อหาที่แคบและสั้นกว่าแบบทดสอบที่ไม่จำกัดความยาว ข้อดีของแบบทดสอบประเภทนี้ คือ ใช้วัดความรู้ความสามารถที่เฉพาะเจาะจงได้ดีกว่าแบบทดสอบแบบไม่จำกัดความยาว ซึ่งเหมาะที่จะวัดผลการเรียนรู้ที่สำคัญ โดยที่ผู้สอบจะต้องเลือกความรู้ที่ดีที่สุดสำหรับคำถามนั้น ๆ ลักษณะคำถามมักอยู่ในรูป “จงอธิบายสั้น ๆ จงบอกประโยชน์ จงอธิบายสาเหตุหรือจงบอกขั้นตอน” แต่แบบทดสอบนี้ไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ความสามารถอย่างเต็มที่

## 4. หลักในการสร้างแบบทดสอบ (เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2552)

4.1 เขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจน ระบุจำนวนข้อคำถาม เวลาที่ใช้สอบ และคะแนนเต็มของแต่ละข้อ เพื่อให้ผู้ตอบสามารถวางแผนการตอบได้ถูกต้อง

4.2 ข้อคำถามต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ของผู้ตอบ

4.3 ควรถามเฉพาะเรื่องที่สำคัญและเป็นเรื่องที่แบบทดสอบปรนัยวัดได้ไม่ดีเท่า เนื่องจากไม่สามารถถามได้ทุกเนื้อหาที่เรียน ควรถามเกี่ยวกับการนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ การแสดงความคิดเห็น การวิพากษ์วิจารณ์ เป็นต้น

4.4 กำหนดขอบเขตของคำถาม เพื่อให้ผู้ตอบทราบถึงจุดมุ่งหมายในการวัด สามารถตอบได้ตรงประเด็น

4.5 การกำหนดเวลาในการสอบ จะต้องสอดคล้องกับความยาวและลักษณะคำตอบที่ต้องการ ระดับความยากง่ายและจำนวนข้อสอบ

4.6 ไม่ควรมีข้อสอบไว้ให้เลือกตอบเป็นบางข้อ เพราะอาจมีการได้เปรียบเสียเปรียบกัน เนื่องจากแต่ละข้อคำถามจะมีความยากง่ายไม่เท่ากันและวัดเนื้อหาแตกต่างกัน รวมทั้งจะไม่ยุติธรรมกับผู้ที่สามารถตอบได้ทุกข้อ ซึ่งมีโอกาสได้คะแนนเท่ากับผู้ที่ตอบได้เพียงบางข้อ

4.7 หลีกเลี่ยงคำถามที่วัดความรู้ความจำ หรือถามเรื่องที่ผู้เรียนเคยทำ หรือเคยอภิปรายมาก่อน หรือถามเรื่องที่มีคำตอบในหนังสือ เพราะจะเป็นการวัดความจำ ควรถามในเรื่องที่ผู้เรียนต้องนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

4.8 พยายามเขียนคำถามให้มีจำนวนมากข้อ โดยจำกัดให้ตอบสั้น ๆ เพื่อจะได้วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา ซึ่งจะทำให้แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

4.9 ควรเตรียมเฉลยคำตอบและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามขั้นตอนและน้ำหนักที่ต้องการเน้นไว้ด้วย

4.10 ถ้าแบบทดสอบมีหลายข้อ ควรเรียงลำดับจากข้อง่ายไปหายาก

4.11 ควรใช้แนวคำถามในลักษณะต่อไปนี้ เช่น

4.11.1 ให้นิยามหรืออธิบายความหมาย

4.11.2 ให้จัดลำดับเรื่องราวหรือลำดับเหตุการณ์

4.11.3 ให้จัดหรือแยกประเภทสิ่งของหรือเรื่องราวต่าง ๆ

4.11.4 ให้อธิบายเหตุการณ์หรือกระบวนการ

4.11.5 ให้เปรียบเทียบเหตุการณ์

4.11.6 ให้ออกแบบ เขียนเค้าโครงหรือวางแผนการดำเนินงานต่าง ๆ

4.11.7 ให้อธิบายเหตุผลย่อ ๆ ในการสนับสนุนหรือคัดค้าน

4.11.8 ให้อธิบายเรื่องราวหรือวิเคราะห์ความสัมพันธ์

4.11.9 ให้ชี้แจงหลักการหรือจุดประสงค์

4.11.10 ให้อภิปรายแสดงความคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์อย่างกว้างขวาง

4.11.11 ให้นำหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ

## 5. หลักการตรวจให้คะแนน (เขาวดี ราชย์กุล วิบูลย์ศรี, 2552)

5.1 เขียนแนวเกณฑ์ไว้ก่อน และระบุคะแนนว่า ประเด็นใด ตอนใด ควรได้กี่คะแนน

5.2 ไม่ควรดูข้อผู้สอบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอคติในการให้คะแนน

5.3 การตรวจให้คะแนนควรตรวจทีละข้อของทุก ๆ คนจนครบหมดทุกข้อแล้วจึงตรวจข้อใหม่เพื่อจะได้เปรียบเทียบระหว่างคำตอบของแต่ละคน เช่น ตรวจข้อที่ 1 ของทุกคน แล้วจึงค่อยตรวจข้อต่อไป เป็นต้น

5.4 การตรวจให้คะแนน ควรยึดในส่วนที่เป็นความรู้ที่ต้องการวัดมาเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาให้คะแนน ไม่ควรให้คะแนนความถูกต้องในการสะกดคำหรือการใช้ไวยากรณ์

5.5 เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน ควรใช้ทั้งเกณฑ์ด้านเนื้อหา เกณฑ์ด้านการจัดลำดับความคิด การเรียบเรียงเรื่อง และเกณฑ์ด้านกระบวนการทางสมอง นอกจากนี้ต้องพิจารณาในเรื่อง

5.5.1 ความถูกต้องตรงประเด็นที่ถาม

### 5.5.2 ความสมบูรณ์ครบถ้วนของประเด็นที่ถาม

### 5.5.3 ความสมเหตุสมผลของคำตอบ

จากการศึกษาประเภทของแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสนใจที่จะนำแบบวัดประเภทที่ครูสร้างขึ้นเองมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยสร้างเป็นแบบอัตนัย ซึ่งแบบวัดที่สร้างขึ้นจะเป็นแบบวัดความสามารถทางด้านการคิดวิเคราะห์ทั่วไปไม่อิงเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง คลื่นกล

#### แบบทดสอบคู่ขนาน

##### ลักษณะและข้อตกลงของแบบทดสอบคู่ขนาน

Allen and Yen (1979) ให้นิยามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการทดสอบดั้งเดิม (The Assumption of Classical Test Theory) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความหมายของแบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel Tests) ว่าจะต้องมาจากข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

ข้อตกลงเบื้องต้นที่ 1 คะแนนการวัด (X) เป็นผลรวมจากคะแนนจริง (T) และคะแนนซึ่งเกิดจากความคลาดเคลื่อน (E) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$X = T + E$$

|       |   |     |                                               |
|-------|---|-----|-----------------------------------------------|
| เมื่อ | X | แทน | คะแนนจากการวัด (Observed Score)               |
|       | T | แทน | คะแนนจริง (True Score)                        |
|       | E | แทน | คะแนนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อน (Errors Score) |

ข้อตกลงเบื้องต้นที่ 2 ค่าที่เป็นไปได้ตามทฤษฎีหรือค่าที่คาดหวัง (Expected Value) ของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากประชากรจะมีค่าเท่ากับคะแนนจริง (T) ของการวัดครั้งนั้นๆ กล่าวคือ เป็นการแจกแจงคะแนนเฉลี่ยเชิงทฤษฎีของคะแนนจากการวัด  $E(X)$  นอกจากนี้ยังหมายถึง คะแนนที่ได้จากการทดสอบกับนักเรียนเพียงคนเดียว แต่เป็นการทดสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวหลายหน ข้อตกลงเบื้องต้นสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E(X) = T$$

|       |        |     |                                      |
|-------|--------|-----|--------------------------------------|
| เมื่อ | $E(X)$ | แทน | ค่าความคาดหวังของ X (Expected Value) |
|       | X      | แทน | คะแนนจากการสอบ (Observed Score)      |
|       | T      | แทน | คะแนนจริง (True Score)               |

ข้อตกลงเบื้องต้นที่ 3 คะแนนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัดและคะแนนจริงเมื่อนำไปทดสอบประชากร (จำนวนมาก) ด้วยแบบทดสอบชุดหนึ่งๆ ไม่มีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$\rho_{ET} = 0$$

|       |             |     |                                                                     |
|-------|-------------|-----|---------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $\rho_{ET}$ | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดกับคะแนนจริง |
|       | E           | แทน | ความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วยแบบทดสอบ                                 |
|       | T           | แทน | คะแนนจริงที่ได้จากการวัดด้วยแบบทดสอบ                                |

ข้อตกลงเบื้องต้นที่ 4 คะแนนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนจากแบบทดสอบสองฉบับ คือ  $E_1$  และ  $E_2$  เมื่อนำมาหาค่าสหสัมพันธ์กันแล้วจะมีค่าเป็นศูนย์หรือ หมายถึงคะแนนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับที่ 1 และ ฉบับที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กันซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\rho_{E_1 E_2} = 0$$

|       |                  |     |                                                                                       |
|-------|------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $\rho_{E_1 E_2}$ | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 |
|       | $E_1$            | แทน | ความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 1                                          |
|       | $E_2$            | แทน | ความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 2                                          |

ข้อตกลงเบื้องต้นที่ 5 คะแนนความคลาดเคลื่อนจากแบบทดสอบฉบับที่ 1 ( $E_1$ ) กับคะแนนจริงของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ( $T_2$ ) ไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังสมการ

$$\rho_{E_1 T_2} = 0$$

เมื่อ  $\rho_{E_1 T_2}$  แทน ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับที่ 1 กับคะแนนจริงแบบทดสอบฉบับที่ 2

$E_1$  แทน ความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 1

$T_2$  แทน คะแนนจริงของการวัดด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 2

คะแนนความคลาดเคลื่อนตามข้อตกลงเบื้องต้นที่ได้กล่าวมานั้นเกิดจากการวัดอย่างเป็นระบบหรือความคลาดเคลื่อนในลักษณะของการสุ่ม (Random) ภายใต้สภาพการณ์ของคะแนนที่ได้จากการวัดซึ่งเบี่ยงเบนไปในเชิงทฤษฎี

ข้อตกลงเบื้องต้นที่ 6 เมื่อมีแบบทดสอบ 2 ฉบับ แล้วนำไปทดสอบกับประชากรหรือกลุ่มผู้สอบ กำหนดให้  $X$  คือคะแนนจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 1 และ  $X'$  คือ คะแนนที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 2  $T$  คือ คะแนนจริงของประชากรที่ได้รับการทดสอบฉบับที่ 1  $T'$  คือคะแนนจริงของประชากรที่ได้รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 2 และ  $\sigma_E$  เป็นความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่วัดด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็นความแปรปรวนคะแนนความคลาดเคลื่อนที่วัดด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 2 ดังนั้นแบบทดสอบ 2 ฉบับที่มีลักษณะคู่ขนานจึงต้องมีความเท่าเทียมกับของค่าต่างๆ ดังนี้

1.  $T = T'$

2.  $\sigma_E = \sigma_{E'}$

นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบทั้งสองฉบับจะต้องมีค่าสูงมากๆ อีกด้วย

ข้อตกลงเบื้องต้นที่ 7 แบบทดสอบที่มีลักษณะคะแนนจริงเทียบเท่ากัน จะต้องมีแบบแผนของคะแนนเป็นแบบเดียวกัน คือ คะแนนจริงที่ได้จากแบบทดสอบฉบับใดฉบับหนึ่งบวกด้วยค่าคงที่ค่าหนึ่งเสมอ มีข้อสังเกตว่าแบบทดสอบที่มีลักษณะค่าขนานกัน มีลักษณะของคะแนนจริงไม่อาจมีลักษณะของแบบทดสอบคู่กันทุกประการ

Thorndike and Hegen (1969 อ้างใน สมชาย แพงโสม, 2545) กล่าวว่า แบบทดสอบคู่ขนาน หรือแบบทดสอบฟอร์มเทียบเท่า (Equivalent Form) จะสร้างขึ้นโดยมีลักษณะเหมือนกันเพื่อนำมาวัดคุณลักษณะด้านเดียวหรือหลายด้านและต้องมียุทธวิธีแสดงคุณลักษณะของแบบทดสอบเหมือนกัน

จริยา เสถบุตร (2522) กล่าวว่า แบบทดสอบคู่ขนานจะต้องมีเนื้อหาเดียวกันมีค่าเฉลี่ยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันและคะแนนจริงที่ได้จากแบบทดสอบเท่ากัน

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2522) กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบคู่ขนานว่าจะต้องวัดเนื้อหาและพฤติกรรมอย่างเดียวนั้นมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกัน ระดับความยากของข้อสอบและค่าอำนาจจำแนกใกล้เคียงกัน

บุญเชิด ภิญโญนันต์พงษ์ (2527) กล่าวถึงรูปแบบของแบบทดสอบคู่ขนานมี 2 ลักษณะดังนี้

1. แบบทดสอบคู่ขนานที่สร้างตามแบบจำลองคลาสสิก หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างตามทฤษฎีการทดสอบดั้งเดิม ซึ่งแบบทดสอบคู่ขนานกันนั้น จะมีเนื้อหาสาระของข้อสอบเหมือนกัน ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนของคะแนนเท่ากันและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบสูง

2. แบบทดสอบคู่ขนานแบบสุ่ม หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างมาจากเทคโนโลยีการเขียนข้อสอบอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่นการเขียนข้อสอบจากจุดประสงค์ ขยายความลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ ประโยคจับคู่ (ทฤษฎีแรงมุมปัญหา) การแปลงประโยคมาเป็นฟอร์มข้อสอบหรือกฎเกณฑ์ในการเขียนข้อสอบเดียวกันแล้วจะมีลักษณะคู่ขนานกันหมดดังนั้นเมื่อสุ่มข้อสอบมาก็จะได้ข้อสอบที่จัดเป็นแบบทดสอบคู่ขนานกันได้ โดยไม่ต้องอาศัยคุณสมบัติทางสถิติเหมือนแบบแรก

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) กล่าวว่า แบบทดสอบคู่ขนานจะต้องมีคุณภาพเหมือนกันทุกประการ นั่นคือ เนื้อหา รูปแบบข้อคำถาม จำนวนข้อ ความยากเหมือนกันและจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากันทั้งสองฉบับนำไปสอบวัดกับกลุ่มเดียวกันเมื่อได้คะแนนสองชุดแล้วนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สันค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเท่าเทียม (Equivalent Coefficient)

บุญชม ศรีสะอาด (2543) กล่าวถึงแบบทดสอบคู่ขนานคือ แบบทดสอบ 2 ฉบับ หรือมากกว่า ที่ใช้แทนกันได้ เพราะวัดในเนื้อหาและจุดประสงค์เดียวกันที่มีระดับความยาก ค่าคะแนนเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนเท่ากัน และมีค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบสูง

เกษม สาหร่ายทิพย์ (2539) กล่าวว่า แบบทดสอบ a กับ แบบทดสอบ b เป็นแบบทดสอบที่ คู่ขนานกันก็ต่อเมื่อคะแนนจริงของผู้สอบที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับนั้นต้องเท่ากันและ ความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบทั้งสองฉบับนั้นต้องมีค่าเท่ากัน

จากการศึกษาความหมายของแบบทดสอบคู่ขนานผู้วิจัยสรุปได้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ วัดในเนื้อหาเดียวกัน จุดประสงค์เดียวกัน รูปแบบของข้อคำถามเหมือนกัน จำนวนข้อสอบเหมือนกัน และระยะเวลาทำแบบทดสอบเท่ากัน และค่าสถิติของแบบทดสอบซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ค่าความยาก ไม่แตกต่างกันนอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต้องมีค่าสูง ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบคู่ขนานเนื้อหาต่างกัน แต่รูปแบบข้อคำถามเหมือนกัน จำนวนข้อเท่ากัน ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบเท่ากัน และค่าสถิติของ แบบทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน

### วิธีการสร้างแบบทดสอบคู่ขนาน

พิตร ทองชั้น (2524) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบคู่ขนาน 2 วิธี คือ

1. โดยการสร้างแบบทดสอบขึ้นมา 2 ชุด โดยให้มีจำนวนหลายๆ ข้อ แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียน จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยาก และค่าอำนาจจำแนก แล้วนำข้อสอบที่มีค่า ความยากและค่าอำนาจจำแนกใกล้เคียงกันมาจัดเป็นคู่ๆ เพื่อจัดให้อยู่ในแบบทดสอบทั้งสองฉบับ
2. โดยการสร้างตามโครงสร้างของเนื้อหาวิชาซึ่งได้แบบทดสอบที่มีเนื้อหาต่างๆ คล้ายคลึง กันจากนั้นก็นำไปทดสอบกับนักเรียนพร้อมกันทั้งสองชุด เสร็จแล้วนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ระหว่าง แบบทดสอบทั้งสองฉบับ ถ้าหากมีความสัมพันธ์กันสูงก็ถือว่าใช้ทดสอบแทนกันได้

ในการสร้างแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยใช้วิธีการ สร้างแบบทดสอบคู่ขนานวิธีที่ 2 คือ สร้างตามโครงสร้างของเนื้อหาวิชาซึ่งได้แบบทดสอบก่อน การจัดการเรียนรู้เนื้อหา ความร้อน และหลังการจัดการเรียนรู้เนื้อหา คลื่นกล

### หลักของความเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) กล่าวว่า การหาความเชื่อมั่น โดยการวัดความเป็นคู่ขนาน กระทำได้โดยนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นกับแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่งที่มีคุณภาพเหมือนกันทุกประการไปทดสอบกับกลุ่มนักเรียนกลุ่มเดียวกัน แล้วนำคะแนนทั้งสองชุด มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สัน โดยใช้สูตรดังนี้

$$R_{tt} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

|       |          |     |                                       |
|-------|----------|-----|---------------------------------------|
| เมื่อ | $R_{tt}$ | แทน | ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ              |
|       | X        | แทน | คะแนนที่ได้จากการสอบแบบทดสอบฉบับที่ 1 |
|       | Y        | แทน | คะแนนที่ได้จากการสอบแบบทดสอบฉบับที่ 2 |

ข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญของการหาความเชื่อมั่น โดยการวัดความเป็นคู่ขนาน คือ ข้อสอบทั้งสองชุดจะต้องคู่ขนานกันในเรื่องของเนื้อหา รูปแบบ ความยาว อำนาจจำแนก ความยาก คะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่คำนวณได้โดยวิธีนี้เป็นการบ่งบอกให้ทราบว่าแบบทดสอบทั้งสองฉบับนั้นคู่ขนานกันหรือไม่ ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าสูงก็แสดงว่าแบบทดสอบทั้งสองฉบับนั้นวัดเนื้อหาเดียวกันจริง การหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้จึงเป็นการวัดความเป็นคู่ขนาน

จากแนวคิดข้างต้นสรุปได้ว่า แบบทดสอบคู่ขนานหมายถึง แบบทดสอบที่วัดในเนื้อหาและจุดประสงค์เดียวกัน รูปแบบของข้อความเหมือนกันจำนวนข้อสอบเท่ากันและค่าสถิติของแบบทดสอบซึ่งได้แก่ ค่าคะแนนเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบคู่ขนานต้องมีค่าสูง

## การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

### ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการฝึกให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง แล้วสรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์หรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุม ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหรือสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมในสภาพการณ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้อาจมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทที่นำไปใช้และผู้ที่ให้คำนิยาม Budnitz (2009) ซึ่งสอดคล้องกับ สาขาวิชาวิทยาลัยส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2549) ซึ่ง สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ภพ เลหาไพบูลย์ (2542) พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544) วีรยุทธ วิเชียรโชติ (2548) และ Welch (1981) ได้ให้ความหมายที่คล้ายคลึงกันว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิด การแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ ค้นหาคำตอบด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้เฝ้าความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย คิดหาคำตอบ รวมทั้งช่วยจัดสถานการณ์ สิ่งอำนวยความสะดวกและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการสืบเสาะหาความรู้ ครูอาจเข้าร่วมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบแนวคิดและหลักการที่ถูกต้อง นอกจากนี้ นักการศึกษาบางกลุ่มยังมองการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการถามคำถามที่สงสัยและเป็นปัญหาซึ่งสามารถสืบเสาะและค้นหาคำตอบ แล้วสื่อสารออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง (คณะศึกษานิเทศก์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์, 2549; Budnitz, 2003; Wikipedia, 2007) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การออกแบบ การสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผล การคิดค้นประดิษฐ์ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการสื่อสารคำอธิบาย (Wu and Hsieh, 2006) นอกจากนี้ Sandra (2002) ได้กล่าวถึงความหมายของ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกิจกรรมที่หลากหลายซึ่งเกี่ยวกับการสังเกต การถามคำถาม การวางแผน การสำรวจ การตรวจสอบ การใช้เครื่องมือในการรวบรวม การวิเคราะห์ และการแปลความหมายข้อมูล การนำเสนอผลงาน การอธิบายและการคาดคะเน และการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับผลงานที่ได้หลักฐานเพื่อเป็นการยืนยันความรู้ที่ได้ค้นพบมาแล้ว นอกจากนี้ กิตติพงษ์ หมอกมุงเมือง (2546); เบญจมาศ เกตุแก้ว (2548); สาวิตรี เครือใหญ่ (2548); เพ็ญสุดา แจ้งกลาง (2550); ศิลา สงอาจันต์ (2551); สายพิน มาวรณ (2551); อุบล อรรคแสง (2553); นริศรา จันทะนาม (2553); NRC (1996; 2000)

ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ใกล้เคียงกันว่า เป็นวิธีการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการจัดสภาพการเรียนรู้ให้เอื้อต่อกระบวนการสืบสวนและค้นหาคำตอบที่จะตอบคำถามหรือ ครูต้องให้นักเรียนรู้จักวิธีการเรียนรู้ ซึ่งการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ให้นักเรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยในการแก้ปัญหา ช่วยจัดสถานการณ์และอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการแก้ปัญหาและอาจรวมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้มีโน้ตส์ (Concept) ที่ถูกต้อง

จากความหมายที่กล่าวมาผู้วิจัยสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยมีการส่งเสริมให้นักเรียน ได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อค้นหาความจริง เหตุผล กฎเกณฑ์ต่าง ๆ โดยใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนเป็นผู้จัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการ เรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น

### ประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักการศึกษาได้มีการจัดประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

Carin and Sund (1980 อ้างใน พิมพ์พันธ์์ เดชะคุปต์, 2550) ได้แบ่งประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง Guided inquiry เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ โดยนักเรียนทำหน้าที่ทำการทดลองตามกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้

2. การสืบเสาะหาความรู้แบบมีการร่วมแนะนำ Less guided inquiry เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา หรือร่วมกันกำหนดปัญหาพร้อมกับนักเรียน แต่นักเรียนจะเป็นผู้วางแผนหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง จนถึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

3. การสืบเสาะหาความรู้แบบไม่มีการแนะนำ Unguided inquiry เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาด้วยตัวเอง ตลอดจนถึงการวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูลจนถึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งวิธีนี้นักเรียนจะมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูจะเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น โดยอาจจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาได้ ซึ่งอาจจะเรียกวิธีการนี้ว่า วิธีสืบเสาะแบบอิสระ (free inquiry)

สาขาชีววิทยาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2549) ได้แบ่งประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน Confirmed Inquiry เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิดเพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้ว โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและคำตอบหรือองค์ความรู้ที่คาดหวังให้นักเรียนค้นพบ แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรมที่กำหนดในหนังสือหรือใบงานหรือตามที่ครูบรรยาย

2. การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง Directed Inquiry เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและสาธิตหรืออธิบายการสำรวจตรวจสอบ แล้วให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนด

3. การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง Guided Inquiry เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาและครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งการให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจ ตรวจสอบ

4. การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด Open Inquiry เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยการให้นักเรียนมีอิสระในการคิด เป็นผู้กำหนดปัญหา ออกแบบและปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

นอกจากนี้ Eggen and Kuachak (1996) ได้แบ่งประเภทของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยทั่วไปในการเรียนการสอนเพื่อสอนนักเรียนเกี่ยวกับการสำรวจปัญหาและหาคำตอบให้กับคำถามต่างๆด้วยวิธีการต่างๆที่จะนำมาซึ่งข้อมูลที่เป็นความจริงโดยกระบวนการ 5 ขั้น คือ

1. ระบุปัญหาหรือคำถาม (Identifying a question or problem)
2. สร้างสมมติฐาน (Making hypotheses)
3. รวบรวมข้อมูล (Gathering data)
4. ตรวจสอบและประเมินสมมติฐาน (Assessing hypotheses)
5. นำผลที่ได้ไปใช้ต่อ (Generalising)

จากการศึกษาประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษา งานวิจัยที่มีการนำประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์พบที่มีการนำประเภทของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการ จัดการเรียนรู้ในลักษณะที่คล้ายคลึงกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจมาศ เกตุแก้ว (2548); บัวลอย อุ่นนันทาศ (2550); อรัญญา สติจิตไพบุลย์ (2550) และ อุบล อรรคแสง (2553) ที่ใช้การ มีส่วนร่วมของครูและนักเรียนในกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1) ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บข้อมูลแก่นักเรียน 2) ครูและนักเรียนร่วมกัน กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล 3) นักเรียนมีอิสระในการคิดและกำหนดปัญหา ออกแบบและปฏิบัติการสำรวจด้วยตนเอง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบผสมผสาน โดยในแผนการ จัดการเรียนรู้แรกๆ ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการ ทดลองกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้เพื่อสร้างความคุ้นเคยและกระตุ้นให้นักเรียนฝึกการคิด และฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสรุปเพื่อ นำไปสู่สมการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนักเรียน เป็นผู้กำหนดปัญหาด้วยตัวเอง ตลอดจนวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูลและ สรุปผลการทดลองด้วยตนเอง เพื่อฝึกให้นักเรียนมีกระบวนการคิดที่มีลำดับขั้นตอนและนำไปสู่ การคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนการทดลองและนำข้อมูลที่ได้มาสรุปเป็นสมการที่ นำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

## รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ มีการนำมาใช้อย่างหลากหลายเพื่อให้เหมาะสมกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของนักการศึกษาต่างๆ ได้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2546) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นความรู้หรือแนวคิดของนักเรียนเอง เรียกรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนี้ว่า รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) หรือ 5Es ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง(simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ชั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากนั้นจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า Inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

จากลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดกิจกรรมที่จะให้นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบโดยในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจและส่งเสริมให้นักเรียนคิดผ่านการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นมุ่งให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมโดยครูต้องคอยกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น แล้วเกิดปัญหาที่จะศึกษา ควรจะต้องเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่อย่างเป็นระบบ และนักเรียนมีความรู้หรือทักษะในการที่จะแสวงหาความรู้ใหม่ กิจกรรมที่จัดควรเป็นกิจกรรมนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ หรือแสวงหาความรู้ใหม่ด้วยตัวของนักเรียนเอง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์กับเรื่องอื่นๆ ในชีวิตประจำวันได้

วีรยุทธ วิเชียรโชติ (2548) ได้เสนอแนะรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. **ขั้นการให้สังกัดกับแนวทาง (สน.)** เป็นขั้นที่ครูปูพื้นฐานความพร้อมให้นักเรียนทั้งในด้านความรู้และการสร้างแรงจูงใจ โดยการนำสื่อการสอนที่หลากหลายมาให้นักเรียนศึกษาเพื่อให้นักเรียนเกิดความกระหายใคร่จะแสวงหาความจริง

2. ขั้นสังเกต (ส.) เป็นขั้นที่ครูสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือเป็นการแสดงละครปริศนา ในขั้นนี้ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์โดยการตั้งคำถามและกำหนดประเด็นปัญหา

3. ขั้นอธิบาย (อ.) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนหาคำอธิบายหรือหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในรูปของการให้เหตุผล ในขั้นนี้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกการตั้งทฤษฎี ฝึกการคิดแบบมีเหตุผลและฝึกการวิเคราะห์จากผลไปหาเหตุ หรือจากปัญหาไปหาสาเหตุ

4. ขั้นทำนายและทดสอบ (ท.) เป็นขั้นที่ครูช่วยให้นักเรียนรู้จักหาวิธีที่จะพิสูจน์คำอธิบายหรือทฤษฎีที่นักเรียนช่วยกันตั้งขึ้น โดยการฝึกให้รู้จักการทำนายผล เมื่อเราแปรค่าสาเหตุ และฝึกให้รู้จักการแก้ปัญหาด้วยการตั้งสมมติฐานเชิงทำนายตลอดจนการทดสอบสมมติฐานนั้น

5. ขั้นควบคุมและสร้างสรรค์ (ค.) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำเอาหลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีแก้ปัญหาที่ค้นพบไปใช้ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการควบคุมและสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก

จากลำดับขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบของ วีรยุทธ วิเชียร โชติ (2548) สรุปได้ว่า เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดปัญหา เกิดความอยากรู้อยากเห็น อยากค้นหาคำตอบ ด้วยกระบวนการตรวจสอบ ทำนายและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ทัศนีย์ บุญเต็ม และ วรณจรี มั่งสิงห์ (2548) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมานานในวิชาวิทยาศาสตร์ เรียกว่า 4-E learning cycle เป็นวงจรการเรียนรู้แบบหนึ่งซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญของการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Explore) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้มีโอกาสเข้าร่วมในประเด็นปัญหาที่สนใจหรือท้าทายและสนับสนุนให้นักเรียนสำรวจปัญหานั้นๆ การสำรวจเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะเป็นการจัดเวลาให้นักเรียนได้เข้าร่วมในการทำกิจกรรม ได้ทำการสังเกต พิจารณาในสิ่งที่ไม่รู้อย่างลึกซึ้ง เพื่อพัฒนาความเข้าใจเบื้องต้นและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน

2. **ชั้นอธิบาย (Explain)** เป็นขั้นตอนที่นำนักเรียนไปสู่จุดสำคัญของบทเรียนซึ่งนักเรียนจะให้คำอธิบายในปรากฏการณ์ต่างๆ และในสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยคำพูดของตนเอง โดยมีครูคอยช่วยเหลือ ขั้นตอนนี้เป็นจุดสรุปของบทเรียนทั้งหมด บทบาทของครูคือช่วยให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในการสำรวจมาสร้างความหมายขึ้นใหม่ และคอยแนะนำความคิดของนักเรียนมากกว่าบอกนักเรียนว่าควรจะทำอย่างไร

3. **ชั้นขยายความรู้ (Expand)** เป็นขั้นตอนขยายความรู้ช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องที่ได้เรียนรู้มากขึ้น เนื้อหาบทเรียนควรมีกิจกรรม โครงการและแนวคิดจากงานวิจัยที่สัมพันธ์กับมโนคติหลักของบทเรียนซึ่งจะช่วยให้นักเรียน ขยายความเข้าใจและทำให้ทักษะของนักเรียนพัฒนาขึ้น ครูจะใช้คำถามสำคัญๆ เพื่อท้าทายและแนะแนวทางการขยายความรู้

4. **ชั้นประเมิน (Evaluate)** เป็นขั้นตอนที่ให้โอกาสแก่นักเรียนในการแสดงสิ่งที่นักเรียนรู้และทำได้ การประเมินไม่ใช่สิ่งที่เกิดขึ้นในตอนท้ายของบทเรียน การประเมินอาจไม่เป็นทางการ เช่น การสังเกตการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน การตอบคำถามระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรืออาจจะเป็นการประเมินแบบเป็นทางการ เช่น การจัดเวลาพิเศษสำหรับให้ทำชิ้นงาน

จากลำดับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ตามที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดเพื่อทำการเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละเรื่องที่ได้ศึกษาและนำมาจัดเป็นองค์ความรู้ใหม่สำหรับตนเอง ซึ่งประโยชน์ของการคิดนั้นทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ

จากการศึกษารูปแบบและลำดับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Inquiry Cycle หรือ 5Es ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) 5) ชั้นประเมิน (Evaluation) ซึ่งมีความเหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องคลื่นกลเพราะเป็นเนื้อหาที่ยากต่อความเข้าใจมีการรวมแนวคิดหลายแนวคิดมาสรุปรวมเป็นหลักการใหญ่ ดังนั้นต้องมีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากเรียนรู้ อยากค้นหาคำตอบ เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปและนำไปสู่การประยุกต์ใช้ ซึ่งในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล รวมทั้งหมด 8 แผนการจัดการเรียนรู้

## บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

### บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษาการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ครูเป็นผู้สร้างสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้ ครูจึงควรมีบทบาท ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2530) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิด (catalyst) โดยกำหนดปัญหาแล้วให้นักเรียน วางแผนหาคำตอบ หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาและวางแผนหาคำตอบเอง
2. เป็นผู้ให้การเสริมแรง (reinforces) โดยการให้คำชม เพื่อให้กำลังใจและ เพื่อเกิดพฤติกรรมการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง
3. เป็นผู้ให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback action) โดยการบอกข้อดีและข้อ บกพร่องแก่นักเรียน
4. เป็นผู้แนะนำและกำกับ (guide and director) เป็นผู้แนะนำเพื่อให้เกิด ความคิดและกำกับควบคุมมิให้ออกนอกกลุ่มนอกทาง
5. เป็นผู้จัดระเบียบ (organizer) เป็นผู้จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์ และสื่อการสอนแก่นักเรียน

ทิสนา แคมมณี (2545) ได้สรุปบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

1. ครูมีภารกิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดวิเคราะห์ในเรื่องที่เรียน จนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะสืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเองได้

2. ครูมีเอกสาร วัสดุ หรือสื่อที่นักเรียนสามารถใช้ประกอบการคิดวิเคราะห์ หรือการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องที่เรียน

3. ครูมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในการศึกษาวิเคราะห์ และสรุปข้อมูล หรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวนักเรียน เช่น ทักษะการสืบค้นหาแหล่งความรู้ แหล่งข้อมูล การอ่าน การวิเคราะห์สิ่งที่อ่าน การสังเคราะห์ข้อมูล การสรุปข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การอภิปราย และโต้แย้งทางวิชาการและการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

4. ครูมีการวัดและประเมินผลการเรียนทั้งทางด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการสืบสอบ ความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้สรุปบทบาทครู ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. ครูควรมีการเตรียมการสอนล่วงหน้า ครูควรทำการทดลองก่อนการจัดการเรียนการสอน เพื่อดูผลหรือปัญหาที่จะเกิดขึ้นว่าเป็นอย่างไร ควรวางแผนการใช้คำถามอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำนักเรียนเข้าสู่ข้อสรุปโดยไม่ใช้เวลานานเกินไป

2. ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนมีส่วนร่วมตลอดเวลา ดังนั้นจึงควรกระตุ้น ให้นักเรียนรู้จักทำการทดลอง และร่วมอภิปรายทุกคน

3. ครูควรเลือกการใช้คำถามที่มีความยากง่าย พอเหมาะกับความสามารถของนักเรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถสูงได้ใช้ความสามารถของตนอย่างเต็มที่ ในขณะที่เดียวกันก็ไม่ทำให้นักเรียนที่มีความสามารถน้อยเสียกำลังใจ

4. เมื่อนักเรียนถามไม่ควรบอกคำตอบทันที ควรให้คำแนะนำเพื่อช่วยให้นักเรียนหาคำตอบ ได้เอง ควรให้ความสนใจต่อคำถามของนักเรียนทุกคน แม้ว่าคำถามนั้นจะไม่เกี่ยวกับเรื่องที่กำลัง เรียนอยู่ ครูควรแจ้งให้นักเรียนทราบและเบนความสนใจของนักเรียนมาสู่เรื่องที่กำลังอภิปรายอยู่ สำหรับปัญหาที่นักเรียนถามนั้น ควรจะหยิบยกมาอภิปรายในภายหลัง

5. ครูไม่ควรให้นักเรียนสรุปแนวคิด หรือหลักเกณฑ์เร็วเกินไปเมื่อยังมีข้อมูลไม่เพียงพอ และแน่นอนที่จะเชื่อถือได้ ครูควรแนะนำที่จะให้นักเรียนได้ทดลองซ้ำอีกหน ได้ผลการทดลองที่มีความมั่นใจได้เพียงพอจึงสรุป

7. ครูควรนำการสอนแบบอื่นๆ เช่น การสาธิต หรือการใช้คำอธิบายมาใช้เพิ่มเติมเมื่อมีความจำเป็นหรือโอกาสที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะช่วยเสริมการเรียนรู้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

ลัดดาวัลย์ กันหสุวรรณ (2546) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ครูมีบทบาทดังนี้

1. ต้องรู้จักใช้คำถาม
2. อุดหนุนที่จะไม่บอกคำตอบควรกระตุ้นและเสริมพลังให้นักเรียนค้นหาคำตอบเอง
3. ต้องให้กำลังใจ ให้นักเรียนมีความพยายาม
4. รู้ว่าธรรมชาติของนักเรียนแต่ละคนอาจแตกต่างกัน ดังนั้น การถามนำไป ให้นักเรียนอาจคิดไม่เหมือนกัน บางครั้งอาจต้องบอกให้บ้าง
5. เข้าใจและรู้ความหมายของพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก
6. มีเทคนิคในการจัดการให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหา
7. อุดหนุนที่จะฟังคำถามและคำตอบของนักเรียน แม้ว่าคำถาม คำตอบ เหล่านั้นอาจไม่ชัดเจน
8. รู้วิธีบริหารจัดการชั้นเรียนให้นักเรียนมีอิสระในการคิด การศึกษาค้นคว้าโดยไม่เสียระเบียบของชั้นเรียน
9. รู้จักนำข้อผิดพลาดมาใช้เป็นโอกาส ในการสร้างสรรค์แนวคิดในการค้นคว้า ทดลองใหม่

นอกจากนี้ ครูจะต้องพยายามจัดสภาพห้องเรียนให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่ง Massialas and Cox (1966) ได้ศึกษาคุณสมบัติของห้องเรียนที่เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าควรมีลักษณะดังนี้

1. ห้องเรียนต้องเป็นประชาธิปไตย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น อย่างเต็มที่
2. ปัญหาที่นำมาอภิปรายน่าสนใจที่จะขบคิด และสามารถตัดสินใจได้บทบาทของครู เป็นเพียงผู้ที่คอยกระตุ้นให้การเรียนดำเนินไปเท่านั้น
3. ทุกคนในห้องเรียนต้องให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

อำพร ศิริกันทา (2549) ได้เสนอบทบาทหน้าที่ของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่าครูจะเป็นผู้สร้างสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง เป็นผู้จัดหาวัสดุอุปกรณ์การทดลอง เพื่ออำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เป็นผู้ถามคำถามต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นักเรียนค้นหาความรู้

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้สรุปเกี่ยวกับบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยครูเป็นผู้ส่งเสริมให้นักเรียน ได้แสวงหาความรู้ค้นพบความรู้หรือความจริงด้วยตนเอง เพื่อค้นหาความจริง เหตุผล กฎเกณฑ์ต่าง ๆ โดยใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยครู เป็นผู้จัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น

### บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาคำตอบในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง นักเรียนควรมีบทบาท ดังนี้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้มีบทบาทดังนี้

1. นักเรียนควรทำการศึกษาวัดดูอุปกรณ์และเอกสารก่อนที่จะเริ่มต้นทำ กิจกรรม

2. นักเรียนสังเกตและรายงานข้อมูลที่ได้จากการสังเกต
3. นักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐาน
4. นักเรียนร่วมกันหาแนวทางการทดลองและวิธีการทดสอบสมมติฐาน
5. นักเรียนรายงานผลการค้นคว้า
6. นักเรียนช่วยกันขยายความรู้เพิ่มเติมหรือปรับปรุงความรู้ที่ได้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช (2543) กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า นักเรียนเป็นผู้กำกับการเรียนการสอนด้วยตนเอง เริ่มจาก กำหนดปัญหาหรือประเด็นที่ตนสนใจจะศึกษา เมื่อได้ปัญหาแล้วจะไปเสาะหาความรู้เพื่อมาตอบ ปัญหานั้น การวางแผนการหาแหล่งข้อมูลหรือความรู้ถือว่านักเรียนเป็นผู้จัดทำทั้งสิ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้สรุปเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า นักเรียนต้องเป็นผู้ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้หลักการต่าง ๆ ใช้ทักษะการสังเกต การใช้เครื่องมือการในการดำเนินการทดลอง การอภิปรายและสรุป ซึ่งจะนำไปสู่ความคิด และหลักเกณฑ์ที่สำคัญและ รายงานผลหรือแสดงความคิดเห็นได้อย่างมีเหตุผล

### **ข้อดี และ ข้อเสียของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้**

#### **ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด และฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิด และวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถาวรโยงการเรียนรู้ได้กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้สถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้แนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้ที่มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

Carin and Sunol (1975) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการที่เน้นให้ นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางปัญญา จึงช่วยเพิ่มศักยภาพทางปัญญา และทำให้นักเรียนมี มโนทัศน์เกี่ยวกับตนเองดีขึ้นทำให้มีความคาดหวังในตนเองในทางที่ดี จึงมีโอกาสพัฒนาความสามารถพิเศษด้านต่าง ๆ ได้มากขึ้นในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนต้องมีส่วนร่วมใน การทำงานของตนเอง จึงใช้เวลามากในการเรียนทำให้เกิดกระบวนการซึมซับและปรับความรู้ ได้มากขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้สรุปเกี่ยวข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ว่าเป็นการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองเมื่อนักเรียนค้นพบสิ่งที่รู้ทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น และส่งผลให้นักเรียนมีโอกาสพัฒนาความสามารถด้านการคิดได้อย่างเต็มตามศักยภาพ

### ข้อเสียของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้กล่าวถึงข้อเสียของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น ไม่ทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้ นักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนหลายๆ อาจจะสามารถตอบคำถามได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

ผดุง ดวงมาลา (2528) กล่าวถึง ข้อเสียของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

1. การเรียนการสอนจะไปได้ช้า ใ้เนื้อหาแน่น
2. ใช้เวลามากในการฝึกนักเรียนให้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง
3. ครูยังขาดแหล่งความรู้ในการฝึกตั้งคำถาม
4. ครูยังขาดแหล่งค้นคว้าหาความรู้ เพราะครูต้องมีความรู้กว้างขวาง

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้สรุปเกี่ยวกับข้อเสียของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ คือ ใช้เวลามากในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และถ้ากิจกรรมไม่น่าสนใจ จะทำให้ นักเรียน เบื่อหน่ายได้

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ พบว่า การคิดวิเคราะห์สามารถเกิดขึ้นได้ เมื่อนักเรียนได้รับการฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ ที่เหมาะสมและเน้นให้นักเรียนมีการใช้ทักษะกระบวนการคิด หรือลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนในระดับสูงขึ้นไป เนื่องจากการคิดวิเคราะห์นั้นจะช่วยให้ นักเรียน มีการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะ

เป็นวัตถุดิบของ เรื่องราว หรือ เหตุการณ์และความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่างสถานการณ์ที่กำหนดให้ ประกอบด้วยทักษะ 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ ซึ่งจะนำไปสู่การพิจารณาคำตอบที่น่าเชื่อถือที่สุด ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สามารถพัฒนาได้โดยจะต้องมีการพัฒนาในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้ไม่ต้องแยกพัฒนาต่างหาก ซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ผลงานวิจัยของ

รุ่งอรุณ เขียรประกอบ (2549) ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมฝึกทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังจากที่ใช้ชุดกิจกรรมฝึกทักษะสื่อสารหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ลาวรรณ โสมแพน (2550) ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จริยา ภูสีฤทธิ์ (2550) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ John Dewey พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียน ผ่านเกณฑ์ และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์

เทียนทอง ศิริรักษา (2553) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง พันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ การสอนตามแนวคิดทฤษฎีสรคานิยมของ Underhill พบว่า คะแนนด้านความสามารถในการคิด วิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์

อาร์ม โพธิ์พัฒน์ (2550) ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเขียนแผนผังมโนคติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเขียนแผนผังมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเขียนแผนผังมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

บัญชา คนชุม (2551) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีสอนแบบกลุ่มสืบสวน พบว่า การสอนแบบกลุ่มสืบสวนช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เพ็ญสุตา แฉ่งกลาง (2550) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง คลื่นกล โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเดชอุดม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5 พบว่า นักเรียนมีระดับผลการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

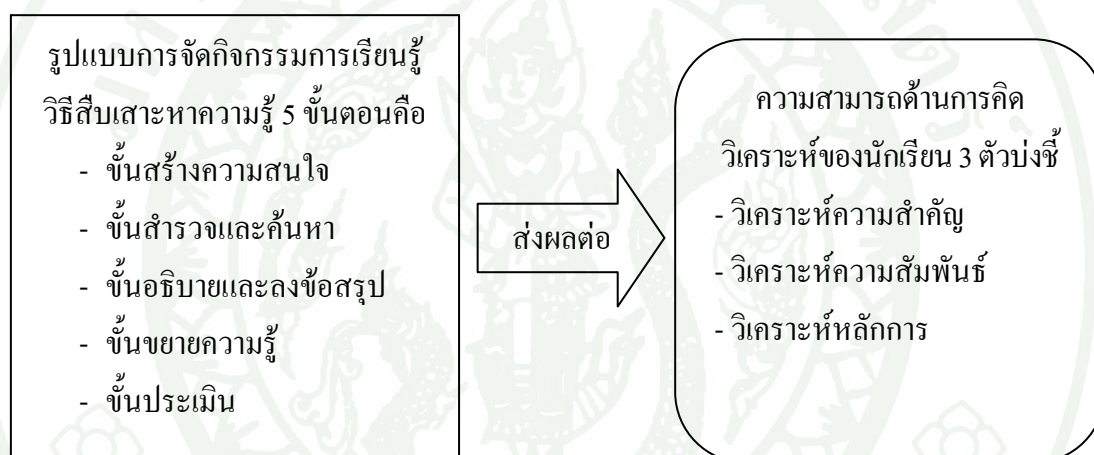
สังคม บุญอาจ (2551) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดียสำหรับการสอนเรื่องคลื่นกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไพบุลย์ วิริยะวัฒนะ (2547) ทำการวิจัยเรื่อง การเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องปรากฏการณ์คลื่น ด้วยการเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงการ พบว่า มโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์คลื่นและการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนภายหลังการเรียนด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงการมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุธารพิงค์ โนนศรีชัย, 2550; บัวลอย อุ๋นนันทาส 2549; ศิลา สงอาจันต์, 2551; นริศรา จันทะนาม, 2553 และ อุบล อรรคแสง, 2553) ยกตัวอย่างเช่น นริศรา จันทะนาม (2553) ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารในชีวิต

ประจำวันโดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) พบว่า การศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) มีนักเรียน จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 79.41 จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 34 คน ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) มีนักเรียน จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 85.29 จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 34 คน ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

### กรอบแนวคิดการวิจัย

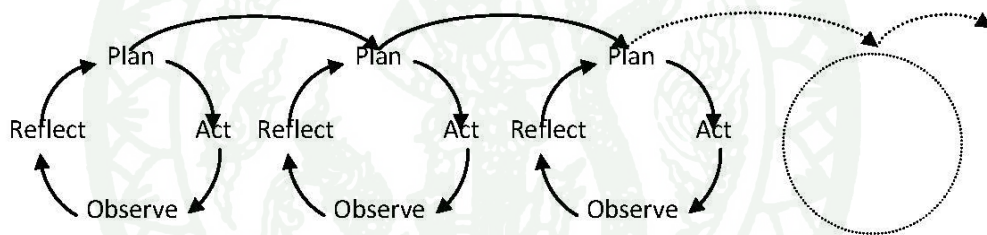


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) ซึ่งเป็นการวิจัยที่ทำโดยครู เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนและนำผลมาใช้ในการปรับปรุง การเรียนการสอนและส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับนักเรียน (สุวิมล ว่องวานิช, 2555) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ วางแผน ลงมือปฏิบัติ สังเกตผล และสะท้อนผล โดยการวิจัยจะมีลักษณะเป็นวงรอบที่ต่อเนื่องกันไป



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน  
ที่มา: สุวิมล ว่องวานิช (2555)

โดยดำเนินการดังนี้

1. กลุ่มที่ศึกษา
2. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

### กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสังกัดเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 3 ตั้งอยู่ในเขตชุมชน ด้านข้างโรงเรียนเป็นหอพัก ด้านหลังโรงเรียนเป็นโรงงาน อุตสาหกรรม และด้านหน้าโรงเรียนเป็นอาคารพาณิชย์ มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 5,188 คน ที่ศึกษา อยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งนักเรียนมีความหลากหลาย ผู้ปกครอง ประกอบอาชีพ รับจ้าง รับราชการ และประกอบธุรกิจส่วนตัว ครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ มีจำนวน 8 คน เป็นผู้ชาย 3 คน ผู้หญิง 5 คน วุฒิการศึกษาปริญญาตรี 3 คน ปริญญาโท 5 คน ครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ มีประสบการณ์ในการสอนส่วนใหญ่ต่ำกว่า 10 ปี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือก กลุ่มที่ศึกษาเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 48 คน เป็นนักเรียนชาย 22 คน นักเรียนหญิง 26 คน มีอายุระหว่าง 16-17 ปี ซึ่ง นักเรียนห้องนี้เป็นนักเรียนที่มีลักษณะดังนี้ 1) เรียนวิชาฟิสิกส์ แบบท่องจำ ไม่สามารถอธิบายหรือ ยกตัวอย่างแนวคิดของเรื่องที่เรียนตามความเข้าใจของตนเอง ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ ต่างๆ ที่กำหนดให้ได้ รวมทั้งยังไม่สามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนมาใช้ในชีวิตประจำวัน ของตนเองได้ 2) จากการตรวจแบบฝึกหัดอดนัยของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาพบว่า นักเรียนไม่สามารถ ระบุตัวแปรเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ นักเรียนไม่สามารถนำตัวแปรที่ได้มาเชื่อมโยง เป็นสมการเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ นอกจากนี้แล้วนักเรียนยังไม่สามารถนำตัวแปรที่ได้จาก โจทย์ไปใช้ในการแก้ปัญหาและแสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง 3) จากข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีนักเรียนชายและนักเรียนหญิงละกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อนในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน 4) เป็นห้องเรียนที่ ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้สอนในปีการศึกษา 2556

### การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่น กล ทั้งหมด 8 แผน ครอบคลุมแนวคิดเกี่ยวกับเรื่อง การจำแนกคลื่น อัตราเร็วคลื่น การบอกตำแหน่ง เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบคลื่น การหักเหของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น คลื่นนิ่ง และการเลี้ยวเบน ของคลื่น โดยใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งหมด 16 คาบ คาบละ 50 นาที การจัดการเรียนรู้ในแต่ละ แผนจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลง ข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรสถานศึกษา มาตรฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กำหนดผลการเรียนรู้ กำหนดการจัดรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องคลื่นกล เพื่อสร้างกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับ การจำแนกคลื่น อัตราเร็วคลื่น การบอกตำแหน่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบคลื่น การหักเหของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น คลื่นนิ่ง และการเลี้ยวเบนของคลื่น รวมทั้งแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้เรื่องเหล่านี้ กำหนดผลการเรียนรู้ รูปแบบของกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ วิธีการวัดและประเมินผลมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 แผน

2. นำกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคลื่นกลที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการเรียบเรียงเนื้อหา ซึ่งได้รับการเสนอแนะให้ปรับภาษาในการอธิบายแนวคิดต่างๆ เช่น แนวคิดเกี่ยวกับการเลี้ยวเบนของคลื่น ที่ยากต่อการอธิบาย ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ใช้วิธีการใช้การทดลองเสมือนจริงเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพ และสามารถเชื่อมโยงไปสู่สมการที่ใช้ในการคำนวณได้

3. ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ เพื่อวิเคราะห์ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ขั้นตอนใดที่สามารถจัดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

| ลักษณะกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์                                                                                                                                                 | ความสามารถด้านการคิด<br>วิเคราะห์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>1. ขั้นสร้างความสนใจ</b>                                                                                                                                                             |                                                         |
| ครูกำหนดปัญหาหรือสร้างสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจ อยากเรียนรู้ในประเด็นปัญหานั้น ซึ่งนักเรียนต้องพิจารณาข้อมูลที่คลุมเครือด้วยตนเองจนสามารถกำหนดปัญหาหรือระบุประเด็นปัญหานั้นได้ | การวิเคราะห์ความสำคัญ                                   |

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ลักษณะกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์                                                                                                                                                                                                                                                                        | ความสามารถด้านการคิด<br>วิเคราะห์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</b><br>ครูจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสทำกิจกรรมร่วมกัน<br>เป็นกลุ่ม มีการวางแผน การตั้งสมมติฐาน และการลงมือ<br>ปฏิบัติด้วยตนเองในสถานการณ์ที่นักเรียนสนใจ โดยครูมี<br>หน้าที่เป็นผู้แนะแนวทางและอำนวยความสะดวกในการ<br>เรียนรู้ของนักเรียน                                   | การวิเคราะห์ความสำคัญ                                                                                       |
| <b>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</b><br>นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์<br>แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ ผลที่<br>ได้จากการสำรวจอาจจะสนับสนุนหรือโต้แย้งกับสมมติฐาน<br>ที่ตั้งไว้ แต่ต้องมีการอ้างอิงถึงข้อมูลที่ได้มาโดยใช้เหตุผล<br>สนับสนุน และลงข้อสรุปได้ถูกต้องน่าเชื่อถือ | การคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ<br>วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์<br>ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์<br>หลักการ |
| <b>4. ขั้นขยายความรู้</b><br>ครูใช้การถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความ<br>คิดเห็นและให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ใน<br>ชีวิตประจำวันได้                                                                                                                                                        | การคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ<br>วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์<br>ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์<br>หลักการ |
| <b>5. ขั้นประเมิน</b><br>ครูจะใช้การถามคำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันสรุป<br>แนวคิดสำคัญและหลักการของเรื่องที่ศึกษา                                                                                                                                                                                            | การคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ<br>วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์<br>ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์<br>หลักการ |

ผู้วิจัยนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่สังเคราะห์ขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาคงสอบความเหมาะสมของกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ จากการตรวจสอบของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะให้ใช้กิจกรรมที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในชั้นสร้างความสนใจและลดบทบาทของครูในชั้นการอธิบายและลงข้อสรุป รวมทั้งให้ปรับปรุงภาษาในการอธิบายกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ปรับปรุงแล้วมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญพิจารณาอีกครั้ง

4. นำกรอบแนวคิดเรื่องคลื่นกล ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 แผน โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 16 คาบ คาบละ 50 นาที ดังนี้

ตารางที่ 3 จำนวนคาบที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เรื่อง                           | เวลา (คาบ) |
|-------------------------|----------------------------------|------------|
| 1                       | การจำแนกคลื่น                    | 2          |
| 2                       | คลื่นผิวน้ำ                      | 2          |
| 3                       | การซ้อนทับของคลื่น               | 2          |
| 4                       | การสะท้อนของคลื่น                | 2          |
| 5                       | การหักเหของคลื่น                 | 2          |
| 6                       | การแทรกสอดของคลื่น               | 2          |
| 7                       | คลื่นนิ่ง                        | 2          |
| 8                       | คลื่นนิ่งและการเลี้ยวเบนของคลื่น | 2          |
| รวม                     |                                  | 16         |

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่น้อยกว่า 5 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาโทด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และอีก 2 ท่านจบการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ตรวจสอบความเหมาะสมในการสอดแทรกความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ความถูกต้องของเนื้อหา ภาษา กิจกรรม สื่อการเรียนรู้กับวัย

ของนักเรียนและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยพิจารณาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ (ตารางผนวกที่ 1) จากการตรวจสอบของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ท่าน ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้ 1) ควรปรับปรุงกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหาและวัยของนักเรียน แล้วให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมให้มากที่สุด 2) ควรปรับเวลาที่ใช้ในบางกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาสามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามที่วางแผนไว้ 3) ควรมีสื่อการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย

6. นำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง ก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

### การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วย แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนเรื่อง ความร้อน และหลังเรียน เรื่อง คลื่นกล อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และแบบฝึกหัด ซึ่งมีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

#### แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้เป็นแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาความหมายและกระบวนการคิดวิเคราะห์ ลักษณะการแสดงออกของผู้ที่มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ รวมทั้งแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์จากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ เพื่อกำหนดองค์ประกอบที่เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และเลือกลักษณะของเครื่องมือที่จะวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

2. สร้างแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย ครอบคลุมองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ โดยมีข้อสอบจำนวน 4 ข้อ

3. นำแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษาจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษาและสถานการณ์ที่ใช้กับวัยของนักเรียน ความสอดคล้องของสถานการณ์กับตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน (ภาคผนวก ข) ซึ่งได้รับข้อเสนอแนะ ดังนี้ 1) ข้อคำถามบางข้อไม่ตรงตามตัวบ่งชี้ที่กำหนดมา 2) ปรับปรุงภาษาในข้อคำถามให้สอดคล้องกับสถานการณ์และครอบคลุมตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และ 3) ปรับปรุงข้อมูลในข้อคำถามให้มีความชัดเจนและเป็นข้อมูลที่นักเรียนต้องใช้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 4) ปรับปรุงในเรื่องของเกณฑ์การให้คะแนน ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4. นำแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 จำนวน 48 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ศึกษา นำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์เป็นรายข้อโดยอ่านคำตอบหรือคำอธิบายนักเรียนในแต่ละข้ออย่างละเอียดตีความและจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบเหมือนกัน ซึ่งสามารถจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนโดยแบ่งตามตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

ตัวบ่งชี้ที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญแบ่งเป็น 3 กลุ่มคำตอบ กล่าวคือ (3) กลุ่มคำตอบในระดับดีมาก คือ กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์ (2) กลุ่มคำตอบในระดับดี คือ กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน (1) กลุ่มคำตอบในระดับควรปรับปรุง คือ กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

ตัวบ่งชี้ที่ 2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบ่งเป็น 3 กลุ่มคำตอบ กล่าวคือ (3) กลุ่มคำตอบในระดับดีมาก คือ กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์ (2) กลุ่มคำตอบในระดับดี คือ กลุ่มที่

เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาถูกต้องบางส่วนแต่บางส่วนที่ไม่ถูกต้องคือตัวแปรบางตัวสลับที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไป ในสมการ ตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในสมการทำให้เสียเวลาในการแก้โจทย์ปัญหา (1) กลุ่มคำตอบในระดับควรปรับปรุง คือ กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ถูกต้อง

ตัวบ่งชี้ที่ 2 การคิดวิเคราะห์หลักการ แบ่งเป็น 3 กลุ่มคำตอบ กล่าวคือ (3) กลุ่มคำตอบในระดับดีมาก คือ กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและสามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้ (2) กลุ่มคำตอบในระดับดี คือ กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบไม่ถูกต้อง (1) กลุ่มคำตอบในระดับควรปรับปรุง คือ กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการไม่ถูกต้อง

หลังจากนั้นนำผลจากการทดลองใช้มาปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้านการใช้ภาษาในข้อคำถาม เพิ่มเติมแนวคำตอบของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5. ได้แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแล้ว มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย มีข้อคำถามทั้งหมด 4 ข้อ ซึ่งจะถามเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการคิดวิเคราะห์หลักการ จากนั้นนำไปใช้วัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

### แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยสร้างแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้สำหรับบันทึกผลจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบ โดยจดบันทึกสิ่งที่สังเกตตามความเป็นจริง บันทึกความคิดเห็นส่วนตัวของผู้วิจัยที่เกิดขึ้นในขณะจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการช่วยประเมินคุณภาพของข้อมูล แล้วนำข้อมูลมาสรุปตีความ ซึ่งมีแนวทางในการสร้างแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ศึกษารูปแบบและแนวทางในการเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้จากเอกสารต่างๆ และวิเคราะห์ตัวบ่งชี้สิ่งที่ต้องการศึกษาเพื่อกำหนดกรอบการบันทึกของผู้วิจัยหลังการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล

2. สร้างแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้โดยกำหนดกรอบการบันทึก และนำแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้แนบไปกับแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของกรอบการบันทึกที่จะทำให้ได้ข้อมูลมาตอบปัญหาการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบการบันทึก ได้แก่ 1) วิธีการที่ใช้ประกอบการสอนแบบสืบเสาะ 2) การแสดงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และ 3) ปัญหาอุปสรรค หรือ ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

3. ได้แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ที่มีกรอบการบันทึก ได้แก่ วิธีการที่ใช้ประกอบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การแสดงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และปัญหาอุปสรรค หรือข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยวิธีการจดบันทึกในช่วงหลังการจัดการเรียนรู้ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ทันทีเมื่อจบคาบเรียน

### อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน

อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล ซึ่งผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

1. ศึกษารูปแบบและการเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมายของการเขียนบันทึกการเรียนรู้ซึ่งเป็นการสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนและแนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

2. สร้างอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยกำหนดประเด็นให้นักเรียนบันทึก แล้วนำอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนแนบไปกับแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของประเด็นที่กำหนดให้นักเรียนบันทึกเพื่อให้ได้ข้อมูลมาตอบปัญหาของการวิจัย ซึ่งพบว่าประเด็นที่กำหนดให้นักเรียนบันทึกยังไม่สามารถตอบปัญหาการวิจัยได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงความเหมาะสมของประเด็นในการเขียนบันทึกตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ

3. ได้แบบบันทึกอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีประเด็นให้นักเรียนเขียนบันทึกได้แก่ สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ในวันนี้ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ได้อย่างไร และนักเรียนมีข้อเสนอแนะอะไรบ้างสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป จากนั้นนำแบบบันทึกอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งนักเรียนจะเขียนแบบบันทึกอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ ทั้งหมด 7 ครั้ง คือ ภายหลังจากที่นักเรียนเรียนแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เรียบร้อยแล้ว

### แบบฝึกหัด

ผู้วิจัยสร้างแบบฝึกหัดที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 8 แบบฝึกหัด โดยดำเนินการสร้างแบบฝึกหัด ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สร้างขึ้น จากหนังสือประกอบการเรียนและเอกสารต่างๆ เรื่อง การจำแนกคลื่น คลื่นผิวน้ำ การซ้อนทับกันของคลื่น การสะท้อนของคลื่น การหักเหของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น คลื่นนิ่ง และการเลี้ยวเบนของคลื่น รวมทั้งองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของคำถามและรูปแบบของแบบฝึกหัด

2. สร้างแบบฝึกหัดให้สอดคล้องกับเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 8 แบบฝึกหัด ซึ่งกำหนดเป็นโจทย์ให้แสดงวิธีทำ โดยนักเรียนจะต้องวิเคราะห์ตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ และแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อหาคำตอบให้ถูกต้อง ซึ่งจะครอบคลุมตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

3. นำแบบฝึกหัดแนบไปกับแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่สร้างขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องของคำถามในแบบฝึกหัดกับเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงภาษาและแบบฝึกหัด เพื่อให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของนักเรียนมากยิ่งขึ้น เช่น โจทย์ควรเป็นโจทย์ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงคุณสมบัติเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ในตัวบ่งชี้ทั้ง 3 ด้าน และควรเป็นโจทย์ให้นักเรียนเกิดความท้าทาย ไม่เบื่อหน่ายในการทำแบบฝึกหัด เป็นต้น

4. นำแบบฝึกหัดที่ปรับปรุงแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นนำแบบฝึกหัดไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ปฏิบัติการสอนในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่ไม่ใช่เนื้อหาที่ต้องการเก็บข้อมูลเพื่อฝึกเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งให้นักเรียนฝึกเขียนบันทึกอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง
2. ให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง ความร้อน โดยให้นักเรียนใช้เวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 60 นาที
3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล ให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 8 แผน โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 16 คาบ คาบละ 50 นาที แล้วบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองทุกคาบ
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดและเขียนบันทึกอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองหลังการจัด กิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล ทุกกิจกรรม โดยกำหนดให้ส่งอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ทุกสัปดาห์ ซึ่งนักเรียนต้องส่งอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ทั้งหมด 8 ครั้ง
5. นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้

### การวิเคราะห์ข้อมูล

**การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์**

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่องคลื่นกล จากแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ เรื่องความร้อน และแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล แบบฝึกหัด และ อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์เป็นรายชื่อทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยอ่านคำตอบหรือคำอธิบายของนักเรียนในแต่ละข้ออย่างละเอียด แล้วตีความและจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบเหมือนกัน ซึ่งสามารถจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนได้เป็น 3 กลุ่ม โดยให้คะแนนดังนี้

- 3 คือ ระดับดีมาก
- 2 คือ ระดับดี
- 1 คือ ระดับควรปรับปรุง

เมื่อพิจารณาในแต่ละตัวบ่งชี้ของความสามารถในการคิดวิเคราะห์สามารถกำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มคำตอบดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 1.1 การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ

กลุ่มคำตอบในระดับดีมาก (3) คือ กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์

กลุ่มคำตอบในระดับดี (2) คือ กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน

กลุ่มคำตอบในระดับควรปรับปรุง (1) คือ กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

#### 1.2 การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์

กลุ่มคำตอบในระดับดีมาก (3) คือ กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์

กลุ่มคำตอบในระดับดี (2) คือ กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาถูกต้องบางส่วนแต่บางส่วนที่ไม่ถูกต้อง

ตัวแปรบางตัวสลับที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไปในการ ตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในการทำให้เสียเวลาในการแก้โจทย์ปัญหา

กลุ่มคำตอบในระดับควรปรับปรุง (1) คือ กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์ในรูปสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

### 1.3 การคิดวิเคราะห์หลักการ

กลุ่มคำตอบในระดับดีมาก (3) คือ กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและสามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้

กลุ่มคำตอบในระดับดี (2) คือ กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบไม่ถูกต้อง

กลุ่มคำตอบในระดับควรปรับปรุง (1) คือ กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการไม่ถูกต้อง

ผู้วิจัยนำผลการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและดำเนินการแก้ไขหลายครั้งจากนั้นคำนวณหาค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มคำตอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แล้วคัดเลือกข้อความเพื่อนำมาเป็นตัวอย่างเป็นตัวอย่างที่สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มคำตอบในแต่ละองค์ประกอบย่อยของการคิดวิเคราะห์โดยกำหนดสัญลักษณ์แทนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาดังนี้ ตัวอักษร น แทนนักเรียน ตัวเลข แทนลำดับที่ของนักเรียนในห้อง เช่น น01 หมายถึง นักเรียนลำดับที่ 1 ของห้อง เป็นต้น

2. วิเคราะห์แบบฝึกหัดโดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากคำตอบของนักเรียนในแบบฝึกหัดที่นักเรียนทำหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล ทุกแบบฝึกหัด ว่านักเรียนมีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ตามตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์อย่างไร และคัดลอกข้อความจากแบบฝึกหัดของนักเรียนออกมาสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบ

3. วิเคราะห์อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยวิเคราะห์จากการแสดงความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ว่านักเรียนเรียนรู้อะไรและเกิดการเรียนรู้ในเรื่องที่เรียนได้อย่างไร และจากข้อเสนอแนะในอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน จากนั้นจึงคัดเลือกข้อความเพื่อนำมาเป็นตัวอย่างที่สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มคำตอบมีการกำหนดสัญลักษณ์แทนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาค้างนี้ ตัวอักษร น แทนนักเรียน ตัวเลข แทนลำดับที่ของนักเรียนในห้อง เช่น น02 หมายถึงนักเรียนลำดับที่ 2 ของห้อง เป็นต้น

### การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่องคลื่นกล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่องคลื่นกล จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ โดยตีความจากการที่นักเรียนบันทึกเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้หลักการวิเคราะห์แบบจำแนกข้อมูล (typological analysis) ซึ่งเป็นการจำแนกข้อมูลเป็นชนิด (Typologies) ตามความเหมาะสมของข้อมูล อาจใช้ความรู้สึกหรือประสบการณ์ของผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะจำแนกข้อมูลเป็นชนิดง่าย ๆ ตามประเภทที่ผู้วิจัยสังเกตเมื่อจำแนกข้อมูลเป็นชนิดแล้ว ผู้วิจัยจะพิจารณาความสม่ำเสมอของการเกิดของข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการอธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ เช่น กิจกรรมการเรียนรู้ในวันนี้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ได้อย่างไร และนักเรียนมีข้อเสนอแนะอะไรบ้างสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป แล้วคำนวณหาค่าความถี่และคัดเลือกข้อความเพื่อนำมาเป็นตัวอย่างที่สะท้อนให้เห็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนคิดว่ามีผลต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนมีการกำหนดสัญลักษณ์แทนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาค้างนี้ ตัวอักษร น แทนนักเรียน ตัวเลข แทนลำดับที่ของนักเรียนในห้อง เช่น 11 หมายถึง นักเรียนลำดับที่ 11 ของห้อง เป็นต้น

2. วิเคราะห์แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้หลักการวิเคราะห์แบบอุปนัย ซึ่งเป็นการตีความสร้างข้อสรุปข้อมูลจากสิ่งที่เป็นรูปธรรม หรือปรากฏการณ์ที่มองเห็น เช่น การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การตอบคำถาม เป็นต้น เมื่อผู้วิจัยได้เห็นหรือสังเกตหลาย ๆ เหตุการณ์แล้วจึงลงมือสรุป (สุภาวศ์ จันทวานิช, 2552) ผู้วิจัยวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในแต่ละขั้นของการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่องคลื่นกล ในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด

8 แผน ว่าส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหรือไม่ จาก “วิธีการหรือเทคนิคที่ใช้ประกอบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การแสดงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และปัญหาอุปสรรค หรือข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้” ในบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

3. สรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน และ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในแต่ละขั้นของการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โรงเรียนในสังกัดเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็น 2 ส่วน โดยแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ที่สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### ส่วนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ที่สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ที่สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล จากแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผนการจัดการเรียนรู้ กับวิธีการในการเรียนรู้ที่นักเรียนสะท้อนให้เห็นว่าช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงวิธีการในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยเอง ดังรายละเอียดตามตารางที่ 4-11

#### ตารางที่ 4 วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การจำแนกคลื่น

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                     | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ขั้นสร้างความสนใจ <ul style="list-style-type: none"><li>- ครูสาธิตการทดลองการเกิดคลื่นน้ำและสาธิตการเกิดคลื่นในเส้นเชือก</li><li>- ครูตั้งคำถามคลื่นมีกี่ชนิดและมีอะไรบ้าง</li><li>- ครูนำคลิปวิดีโอเกี่ยวกับคลื่นในสปริงแล้วถามคำถามว่าเป็นคลื่นชนิดใด</li></ul> | - นักเรียนมีการสังเกตผลการสาธิตแล้วนำสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นมาแลกเปลี่ยนว่าคลื่นมีกี่ชนิด (วิเคราะห์ความสำคัญ) |

## ตารางที่ 4 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของ<br>นักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>- นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบว่า<br/>คลื่นมีกี่ชนิด ซึ่งอุปกรณ์การทดลองมีดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เชือก จำนวน 1 เส้น</li> <li>2. คลิปวิดีโอเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น</li> </ol> <p>แม่เหล็กไฟฟ้าในอวกาศ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. คลิปวิดีโอการสะบัดสปริงในแนวตั้ง และ<br/>การอัดสปริงในแนวนอน</li> <li>4. ถาดคลื่น จำนวน 1 ถาด</li> <li>5. ปากกา จำนวน 1 แท่ง</li> </ol> <p>- ครูถามคำถามในขณะที่ทำการทดลองเพื่อกระตุ้น<br/>ให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ เช่นจากการทำ<br/>ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การจำแนกคลื่น เกณฑ์ในการ<br/>จำแนกชนิดของคลื่นมีกี่เกณฑ์ อะไรบ้าง</p> | <p>- จากการทดลองนักเรียนสังเกตผลที่ได้จาก<br/>การทดลองและคำถามเพิ่มเติมของครูทำให้นักเรียนสามารถกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการ<br/>จำแนกคลื่นได้ (วิเคราะห์ความสำคัญ)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการ<br/>คิดเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิม<br/>กับสิ่งที่สังเกตเห็นจากการสาธิตและการทดลองได้<br/>เช่น จากการทำกิจกรรม ตอนที่ 3 นักเรียนสังเกตเห็น<br/>ลักษณะของคลื่น ในกรณีที่จุ่มปากกาลงในถาด<br/>คลื่น 1 ครั้ง มีลักษณะเป็นอย่างไร (เกิดคลื่นจำนวน<br/>1-2 ลูกคลื่น) ในกรณีที่จุ่มปากกาลงในถาดคลื่น 10<br/>ครั้ง มีลักษณะเป็นอย่างไร (เกิดคลื่นมากกว่า 2 ลูก<br/>คลื่นและเกิดอย่างต่อเนื่อง)</p>                                                                                                                                                                                 | <p>- นักเรียนสามารถลงข้อสรุปได้ว่าการ<br/>จำแนกชนิดของคลื่นจะต้องมีการกำหนด<br/>เกณฑ์จำแนกและในแต่ละเกณฑ์นั้นมีกี่ชนิด<br/>ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. จำแนกคลื่นตามความจำเป็นของการใช้<br/>ตัวกลางในการแผ่ แบ่งเป็น คลื่นกล และ<br/>คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า</li> <li>2. จำแนกคลื่นตามลักษณะการสั่นของ<br/>แหล่งกำเนิด แบ่งเป็น คลื่นตามขวาง และ<br/>คลื่นตามยาว</li> <li>3. จำแนกคลื่นตามความต่อเนื่องของแหล่ง<br/>กำเนิด แบ่งเป็น คลื่นคล และคลื่นต่อเนื่อง<br/>(วิเคราะห์ความสำคัญ)</li> </ol> |

## ตารางที่ 4 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                           | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของ<br>นักเรียน                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. ขยายความรู้<br>- ให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอการโยนก้อนหินลงในน้ำ แล้วถามคำถามเพื่อให้นักเรียนบอกว่าสิ่งที่เห็นนั้นเป็นคลื่นชนิดใดและเพราะเหตุใด | - นักเรียนสามารถบอกได้ว่าในแต่ละเกณฑ์ที่ใช้จำแนกนั้นมีคลื่นกี่ชนิด<br>- นักเรียนสามารถตอบได้ว่าสิ่งที่สังเกตเห็นนั้นเป็นคลื่นกล เพราะต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ และเป็นคลื่นดล เพราะเกิดคลื่นจำนวน 1-2 ลูกคลื่น (วิเคราะห์ความสำคัญ) |
| 5. ขั้นประเมิน<br>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม                                                                                                       | - นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ)                                                                                                 |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และอยากให้ครูปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ชอบการทำงานเป็นกลุ่ม เพราะ ช่วยให้เราสามารถระดมความคิดซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม และทำให้เกิดความสามัคคีภายในกลุ่ม” (อนุทิน น11)

“ชอบสื่อการทดลองเสมือนจริง ที่ครูนำมาให้ดูทำให้สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิดีโอที่ดูกับเนื้อหาที่เรียนได้” (อนุทิน น10)

“มีการจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมทำให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มเกิดความรู้กระตือรือร้นที่จะทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียน” (อนุทิน น22)

“ได้เรียนรู้จากการถามคำถามของครู แล้วให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ทำให้เกิดความเข้าใจเรื่องที่เรียนมากขึ้น” (อนุทิน น04)

“สมาชิกภายในกลุ่มบางคนไม่ค่อยสนใจในกิจกรรมเท่าที่ควร” (อนุทิน น11)

“ในขณะที่ทำการทดลองเพื่อนในห้องเสียงดังจนเกินไปทำให้สมาชิกในกลุ่มไม่มีสมาธิ” (อนุทิน น23)

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ในชั้นอธิบายและลงข้อสรุปครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนลงข้อสรุปเกี่ยวกับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกคลื่นเอง ครูไม่ควรด่วนสรุปเร็วทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์น้อยเกินไป

ตารางที่ 5 วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง คลื่นผิวน้ำ

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                         | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ขั้นสร้างความสนใจ<br>- ครูคำถามจากแผนภาพที่นักเรียนเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบของคลื่น                                                                                                                                                                                                                                        | - นักเรียนตอบได้ว่าองค์ประกอบของคลื่นมีอะไรบ้างและแต่ละองค์ประกอบคืออะไร (วิเคราะห์ความสำคัญ) |
| 2. ขั้นสำรวจและค้นหา<br>- ครูสาธิตการเกิดคลื่นน้ำแล้วให้นักเรียนสังเกตลักษณะและส่วนประกอบของคลื่นแล้ววาดรูปที่สังเกตเห็น<br>- นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองซึ่งมีอุปกรณ์การทดลองดังนี้<br>1. ชุดการทดลองถาดคลื่นจำนวน 1 ชุด<br>2. ตัดกระดาษเป็นชิ้นเล็กๆ จำนวน 10 ชิ้น<br>3. น้ำเปล่า จำนวน 2 ลิตร<br>4. หลอดหยด จำนวน 1 หลอด | - นักเรียนวาดรูปคลื่นพร้อมทั้งระบุองค์ประกอบต่างๆของคลื่นได้ (วิเคราะห์ความสำคัญ)             |

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                          | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิม กับสิ่งที่สังเกตเห็นจากการสาธิตและการทดลอง ได้ เช่นเมื่อหยดน้ำไปกระทบผิวน้ำจะมีลักษณะ อย่างไร (หยดน้ำจะถ่ายโอนพลังงานให้กับอนุภาค ของน้ำ)</p> | <p>- นักเรียนสามารถลงข้อสรุปได้ว่า องค์ประกอบของคลื่นมีดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การกระจัด (Displacement) คือ ระยะทาง ที่วัดจากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดสุดท้ายโดยวัด เป็นเส้นตรง</li> <li>2. สันคลื่น (Crest) คือตำแหน่งที่มีการ กระจัดบวกมากที่สุด เหนือระดับปกติ</li> <li>3. ท้องคลื่น (Trough) คือ ตำแหน่งที่มีการ กระจัดลบมากที่สุดต่ำกว่าระดับปกติ</li> <li>4. แอมพลิจูด (Amplitude ; A) คือ การ กระจัดสูงสุดของคลื่นจากระดับปกติหรือ ความสูงของสันคลื่นจากระดับปกติ แอมพลิจูดอาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ช่องกว้างของ คลื่น (วิเคราะห์ความสำคัญ)</li> </ol> |
| <p>4. ขั้นขยายความรู้</p> <p>- ครูสาธิตการทดลองแล้วถามคำถามเพิ่มเติม เช่น ถ้าปรับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ให้ป้อนกำเนิด คลื่นต้นถี่ขึ้นเป็นสองเท่าของเดิม อัตราเร็วของ คลื่น ความถี่และความยาวคลื่นของคลื่นน้ำจะ เปลี่ยนแปลงอย่างไร</p>                                        | <p>- อัตราเร็วของคลื่นเท่าเดิม เนื่องจากเป็น ตัวกลางเดิม ความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า เพราะป้อนกำเนิดคลื่นต้นถี่เพิ่มเป็นสองเท่า ของเดิม ส่วนความยาวคลื่น จะเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเดิม (วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>5. ขั้นประเมิน</p> <p>- ให้นักเรียนเขียนแผนภาพส่วนประกอบของคลื่น พร้อมระบุส่วนประกอบของคลื่น</p> <p>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม</p>                                                                                                                                             | <p>- นักเรียนเขียนแผนภาพและระบุ ส่วนประกอบต่างๆของคลื่นได้ถูกต้อง</p> <p>- นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ไว้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือวิเคราะห์ ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ วิเคราะห์หลักการ)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และอยากให้ครูปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ ชอบทำกิจกรรมการทดลองเพราะสนุก และทำให้ได้ความรู้ที่มาจากการสังเกตของตนเอง ”  
(อนุทิน น17)

“ ชอบการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มเพราะทำให้เกิดความสามัคคี ” (อนุทิน น24)

“ ชอบกิจกรรมการทดลองและการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มเพราะฝึกให้สมาชิกภายในกลุ่มใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์และนำไปสู่การลงข้อสรุป ” (อนุทิน น29)

“ อยากให้เพิ่มสื่อการสอนเช่นชุดการทดลองการเกิดคลื่นในขวดควาสปริง เพราะอุปกรณ์อุปกรณ์การทดลองไม่เพียงพอ ” (อนุทิน น03)

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ในขั้นสำรวจและค้นหาในขณะที่ครูสาธิตการเกิดคลื่นผิวน้ำครูควรเอาไฟมาส่องเพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพที่ชัดเจนมากขึ้นแล้วให้นักเรียนเขียนรูปจากการสังเกต อธิบายและลงข้อสรุปควรควรใช้เวลาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มในการลงข้อสรุปมากกว่านี้ ซึ่งจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยสังเกตจากการตอบคำถามระหว่างที่ครูทำการจัดการเรียนรู้ และจากแบบฝึกหัดของนักเรียนในแต่ละข้อซึ่งมีการคิดวิเคราะห์ทั้งสามตัวบ่งชี้พบว่านักเรียนสามารถแสดงวิธีการคิดได้ถูกต้องสมบูรณ์

**ตารางที่ 6** วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การซ้อนทับของคลื่น

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูสาธิตการโยนลูกแก้วสองลูกลงในถาดคลื่น และให้นักเรียนสังเกตเพื่อให้เกิดกระบวนการคิด</li> <li>- ครูถามคำถาม เช่น <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เมื่อโยนลูกแก้วลงในถาดคลื่นสองลูกนักเรียนสังเกตเห็นอะไร</li> <li>2. ถ้าคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่มาพบกันผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร และมีลักษณะอย่างไร</li> </ol> </li> </ul>                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากการสังเกตการสาธิตการทดลองของครูพบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามได้ว่า <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เมื่อโยนลูกแก้วลงในถาดคลื่นสองลูกนักเรียนสังเกตเห็นอะไร (คลื่นผิวน้ำสองคลื่น)</li> <li>2. ถ้าคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่มาพบกันผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร (คลื่นทั้งสองจะเกิดการรวมกัน) และมีลักษณะอย่างไร (คลื่นรวมตำแหน่งสันคลื่นและท้องคลื่นจะมีการกระจัดเพิ่มขึ้น) (วิเคราะห์ความสำคัญ)</li> </ol> </li> </ul>                                                                                                              |
| <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองซึ่งอุปกรณ์การทดลองมีดังนี้ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ลวดสปริง จำนวน 2 เส้น</li> </ol> </li> <li>- ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เช่น เมื่อสับปลายลวดสปริงไปทางเดียวกันลักษณะของคลื่นที่เกิดจากปลายทั้งสองข้างก่อนที่จะมาพบกันมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดภาพประกอบ (คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากันในลักษณะที่เฟสตรงกันและมีการกระจัดเกิดขึ้น)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนวาดรูปการซ้อนทับกันของคลื่นได้</li> <li>- นักเรียนตอบได้ว่าเมื่อคลื่นมาซ้อนทับกันจะเกิดอะไรขึ้น เช่น <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เมื่อสับปลายลวดสปริงไปทางเดียวกันลักษณะของคลื่นที่เกิดจากปลายทั้งสองข้างก่อนที่จะมาพบกันมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากันในลักษณะที่เฟสตรงกันและมีการกระจัดเกิดขึ้น)</li> <li>2. เมื่อคลื่นคลเคลื่อนที่มาพบกันจะมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (คลื่นจะเกิดการรวมกันและการกระจัดลัพธ์ของคลื่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น)</li> </ol> </li> </ul> |

## ตารางที่ 6 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>3. เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่กันไประยะหนึ่งจะมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (คลื่นจะมีลักษณะเหมือนเดิมและมีการกระจัดเท่าเดิม)</p> <p>4. เมื่อสลับปลายลวดสปริงในทิศทางตรงข้ามกันลักษณะของคลื่นที่เกิดจากปลายทั้งสองข้างก่อนที่จะพบกันมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากันในลักษณะที่เฟสตรงข้ามกันและมีการกระจัดเกิดขึ้น)</p> <p>5. เมื่อคลื่นคลเคลื่อนที่มาพบกันจะมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (คลื่นจะเกิดการรวมกันและการกระจัดลัพธ์ของคลื่นจะมีค่าลดลง)</p> <p>6. เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่กันไประยะหนึ่งจะมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (คลื่นจะมีการลักษณะเหมือนเดิมและมีการกระจัดเท่าเดิม) (วิเคราะห์หลักการ)</p> |
| <p>3. ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่สังเกตเห็นจากการลงมือปฏิบัติการทดลองได้ เช่น เมื่อคลื่นคลสองลูกคลื่นมาพบกันในลักษณะ สันคลื่นมาพบกันจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (แอมพลิจูดของคลื่นรวมจะเพิ่มขึ้นในทิศทางที่เป็นบวก) เมื่อคลื่นคลสองคลื่นมาพบกันในลักษณะ ท้องคลื่นมาพบกันจะมีลักษณะเป็นอย่างไร</p> | <p>- นักเรียนลงข้อสรุปเกี่ยวกับหลักการ ซ้อนทับ principle of superposition ของคลื่น ได้ คือ เมื่อคลื่นตั้งแต่สองลูกคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันแล้วเกิดการรวมกัน การกระจัดของคลื่นรวมมีค่าเท่ากับผลบวกของการกระจัดของแต่ละคลื่นที่มาพบกัน หลังจากที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่กันไประยะหนึ่งแล้ว แต่ละคลื่นจะมีลักษณะเหมือนเดิม และเคลื่อนที่ในทิศทางเดิม</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## ตารางที่ 6 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                    | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (แอมพลิจูดของคลื่นรวมจะเพิ่มขึ้นในทิศทางที่เป็นลบ) เมื่อคลื่นคลสองคลื่นมาพบกันในลักษณะ<br>คลื่นมาพบกับท้องคลื่นจะมีลักษณะเป็นอย่างไร<br>(แอมพลิจูดของคลื่นรวมจะมีค่าเท่ากับผลต่างของ<br>แอมพลิจูดของคลื่นทั้งสอง)<br>- ให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอเพิ่มเติม | - นักเรียนเขียนรูปการซ้อนทับของคลื่นได้<br>(วิเคราะห์หลักการ)                                                                                                                                                                      |
| 4. ขยายความรู้<br>- ครูให้นักเรียนเขียนลักษณะการซ้อนทับกันของ<br>คลื่นตามโจทย์ที่ครูกำหนด                                                                                                                                                               | - นักเรียนสามารถแสดงวิธีการเพื่อให้ได้มา<br>ซึ่งคำตอบเกี่ยวกับลักษณะการซ้อนทับกัน<br>ของคลื่นตามโจทย์ที่ครูกำหนดให้ได้ (คิด<br>วิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์<br>ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ<br>วิเคราะห์หลักการ) |
| 5. ขึ้นประเมิน<br>- ให้นักเรียนเขียนแผนภาพการซ้อนทับกันของคลื่น<br>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม                                                                                                                                                               | - นักเรียนเขียนแผนภาพการซ้อนทับกันของ<br>คลื่นได้ถูกต้อง<br>- นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด<br>ไว้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์<br>ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ<br>วิเคราะห์หลักการ)                  |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบ  
สืบเสาะ หาความรู้และอยากให้ครูปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการ  
เรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ชอบการทำงานเป็นกลุ่ม เพราะ ทำให้เกิดความสามัคคีภายในกลุ่ม ” (อนุทิน น30)

“ได้เรียนรู้จากการถามคำถามของครู แล้วให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ทำให้เกิด  
ความเข้าใจเรื่องที่เรียนมากขึ้น ” (อนุทิน น04)

“ ครูยกตัวอย่างระหว่างที่ทำการสอนและหลังการสอน ทำให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น ” (อนุทิน น40)

“ ต้องการให้ครูมีการสอนการเขียนกราฟการซ้อนทับของคลื่นเพิ่มขึ้น เพราะเป็นส่วนที่สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ๆ ได้ ” (อนุทิน น22)

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ควรเพิ่มเวลาในชั้นอธิบายและลงข้อสรุปให้มากขึ้นครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนลงข้อสรุปเกี่ยวกับการซ้อนทับกันของคลื่นเอง ครูควรให้นักเรียนเขียนกราฟการซ้อนทับของคลื่นให้ครูตรวจเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจก่อนแล้วนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในโจทย์ที่ประยุกต์ต่อไป ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดมาได้แล้วนำไปสู่กระบวนการในการหาคำของคำตอบตามที่โจทย์ต้องการ

**ตารางที่ 7** วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การสะท้อนของคลื่น

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <p>- ครูสาธิตการทดลอง</p> <p>- ครูถามคำถามเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เช่น จากการสาธิตการทดลองที่ 1 แล้วได้รูปภาพเมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบแผ่นกั้นแล้ว</p> <p>นักเรียนสังเกตเห็นลักษณะของคลื่นเป็นอย่างไร (คลื่นเกิดการสะท้อนกลับ) ทราบได้อย่างไรว่าคลื่นเกิดการสะท้อนกลับ (สังเกตจากลักษณะของคลื่นที่กลับมายังตัวกลางเดิม) เหตุใดคลื่นจึงสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม (เพราะคลื่นเคลื่อนที่ตกกระทบสิ่งกีดขวางแล้วเกิดการสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม)</p> | <p>- นักเรียนบอกได้ว่าการสะท้อนของคลื่นเกิดจากการเคลื่อนที่ของคลื่นผ่านสิ่งกีดขวางแล้วเกิดการสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม (วิเคราะห์ความสำคัญ)</p> |

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด</li> <li>- นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองซึ่งอุปกรณ์การทดลองมีดังนี้             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ชุดถาดคลื่น จำนวน 1 ชุด</li> <li>2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำจำนวน 1 เครื่อง</li> <li>3. กระดาษ ขนาด A4 จำนวน 4 แผ่น</li> <li>4. ไม้ม้วนหรือไม้โปรแทรกเตอร์จำนวน 2 อัน</li> </ol> </li> <li>- ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เช่น เมื่อสวิตช์วงจรสปริงจะสังเกตเห็นทิศทางลักษณะของคลื่นก่อนการตกกระทบ และหลังการตกกระทบ มีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไรให้นักเรียนวาดรูปในกระดาษที่ครูเตรียมไว้ให้ (ต่างกัน เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ถึงปลายสุดของลวดสปริงที่ถูกตรึงไว้ คลื่นจะเคลื่อนที่กลับมา การกระจัดของคลื่นที่เคลื่อนที่กลับมามีทิศทางตรงข้ามกับการกระจัดของคลื่นเดิม หรือกล่าวได้ว่ามีเฟสตรงข้ามกับคลื่นเดิม การที่คลื่นเคลื่อนที่ที่กระทบสิ่งกีดขวางแล้วเปลี่ยนทิศทางกลับมาในตัวกลางเดิมปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การสะท้อน reflection)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากสถานการณ์ที่ครูจัดขึ้น และการลงมือปฏิบัติการทดลอง รวมถึงการใช้คำถามของครูทำให้นักเรียนลงข้อสรุปได้ว่า เมื่อคลื่นตกกระทบที่ปลายสุดของตัวกลางที่ถูกตรึงไว้ คลื่นสะท้อนจะมีเฟสตรงข้ามกับคลื่นตกกระทบ แต่ถ้าปลายสุดของตัวกลางเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ คลื่นสะท้อนจะมีเฟสเดียวกันกับคลื่นตกกระทบ</li> <li>- นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการสะท้อนของคลื่นได้ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)</li> </ul> |
| <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่สังเกตเห็นจากการลงมือปฏิบัติการทดลองได้ เช่น เมื่อหน้าคลื่นตกกระทบแผ่นกั้นตรงจุดที่คลื่นตกกระทบ ลากเส้นตั้งฉากกับแผ่นกั้นเส้นนี้เรียกว่าอะไร (เส้นแนวฉาก normal line)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนสามารถนำความรู้จากการทดลอง และคำถามที่ครูกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดนั้นมาสรุปเป็นกฎของการสะท้อนได้ คือ             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มุมตกกระทบ เท่ากับมุมสะท้อน <math>\theta_1 = \theta_2</math></li> <li>2. ทิศทางคลื่นตกกระทบเส้นแนวฉากและทิศทางคลื่นสะท้อนอยู่ระนาบเดียวกัน</li> </ol>             (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)           </li> </ul>      |

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>มุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตก<br/>กระทบทำกับเส้นแนวฉากเท่ากับ <math>\theta_1</math> มุมนี้เรียกว่า<br/>อะไร (มุมตกกระทบ angle of incidence)</p> <p>มุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นสะท้อน<br/>ทำกับเส้นแนวฉากเท่ากับ <math>\theta_2</math> มุมนี้เรียกว่าอะไร<br/>(มุมสะท้อน angle of reflection)</p> <p>จากการทดลองทำให้สรุปเป็น กฎการ<br/>สะท้อนมีใจความว่าอย่างไร ( เมื่อคลื่นเกิดการ<br/>สะท้อนจะได้มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ)</p> |                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>4. ขยายความรู้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูสาธิตการทดลอง</li> <li>- ครูถามคำถามเพิ่มเติม</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนสามารถทำโจทย์ประยุกต์ได้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์ ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ วิเคราะห์หลักการ)</li> </ul>                                              |
| <p>5. ขั้นประเมิน</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูถามคำถาม</li> <li>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง</li> <li>- นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์ ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ วิเคราะห์หลักการ)</li> </ul> |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และอยากให้ครูปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“มีการจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมทำให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มเกิดความกระตือรือร้นที่จะทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียน” (อนุทิน น29)

“ ควรมีการเพิ่มเวลาในการเตรียมตัวก่อนการนำเสนอเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มมีส่วนร่วมในการลงข้อสรุป ” (อนุทิน น36 )

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ครูควรเพิ่มสื่อการทดลองเสมือนจริงในชั้นอธิบายและลงข้อสรุปให้นักเรียนเห็นการทดลองของคลื่นน้ำเกี่ยวกับมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนซึ่งจากการทดลองของนักเรียนภาพไม่ชัดเจน เพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนและนำไปสู่การลงข้อสรุปเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่น ในชั้นขยายความรู้ครูควรเพิ่มคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดมากขึ้น

**ตารางที่ 8** วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                      | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ขั้นสร้างความสนใจ<br>- ครูนำคลิปวิดีโอให้นักเรียนดู<br>- ครูถามคำถามจากสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็น เช่น<br>นักเรียนคิดว่าถ้าเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกำเนิดทิศทางของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย)                                          | - นักเรียนบอกได้ว่าการหักเหคือ การเคลื่อนที่ของคลื่นจากตัวกลางที่ 1 ไปยังตัวกลางที่ 2<br>เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางที่ 1 ไปยังตัวกลางที่ 2 ระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นจะเปลี่ยนไป และอัตราเร็วคลื่นจะเปลี่ยนไปด้วย (วิเคราะห์ความสำคัญ)    |
| 2. ขั้นสำรวจและค้นหา<br>- นักเรียนแบ่งกลุ่มลงมือปฏิบัติการทดลองซึ่งมีอุปกรณ์การทดลองดังนี้<br>1. ถาดคลื่น<br>2. แหล่งกำเนิดแสงขาว<br>3. คานเพื่อยึดแหล่งกำเนิดคลื่นหน้าตรง<br>4. แหล่งกำเนิดคลื่นหน้าตรง<br>5. กระดาษใส<br>6. น้ำเปล่า<br>7. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ<br>8. กระดาษขาวเพื่อเป็นฉาก | - จากการลงมือปฏิบัติการทดลองและคำถามร่วมของครูขณะทำการทดลองทำให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่า อัตราเร็วคลื่นจะมีค่าลดลงเมื่อ ความยาวคลื่นลดลงในขณะที่ความถี่คงที่จากสมการจะส่งผลต่อ $v$ จะมีแนวโน้มลดลงจาก $v = f\lambda$ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์) |

## ตารางที่ 8 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>- ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เช่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำลึกและเขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และความยาวคลื่นลดลง)</p>                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่สังเกตเห็นจากการลงมือปฏิบัติการทดลองได้ เช่น จากการทดลองการเคลื่อนที่ของคลื่นจากบริเวณน้ำตื้นไปยังน้ำลึก ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นเป็นอย่างไร พร้อมรูปภาพ (เมื่อคลื่นตกกระทบที่ผิวรอยต่อระหว่างน้ำตื้นและน้ำลึกแล้วคลื่นจะเกิดการหักเหเข้าไปในตัวกลางใหม่โดยคลื่นหักเหจะเบนไปจากเดิมซึ่งมุมหักเหจะมีขนาดโตกว่ามุมตกกระทบ )</p> | <p>- นักเรียนสามารถนำความรู้จากการทดลองและคำถามที่ครูกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดนั้นมาสรุปเป็นกฎของการหักเหได้ คือ เมื่อคลื่นมีการหักเห อัตราส่วนของไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับ อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห เท่ากับ อัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบ กับ ความยาวคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห (วิเคราะห์หลักการ)</p> |
| <p>4. ขั้นขยายความรู้</p> <p>- ครูถามคำถามเพิ่มเติม เช่น เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่บริเวณน้ำลึกจะทำให้เกิดหักเหโดยทิศทางคลื่นหักเหจะเบนออกจากแนวเส้นแนวฉาก ถ้ามุมหักเหของคลื่นเท่ากับ <math>90^\circ</math> พอดีมุมตกกระทบนี้เรียกว่าอะไร(มุมวิกฤต Critical Angle ; <math>\theta_c</math>) และถ้ามุมตกกระทบ</p>                                                                                                                                   | <p>- นักเรียนสามารถทำโจทย์ประยุกต์ได้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์ ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ วิเคราะห์หลักการ)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

ตารางที่ 8 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                    | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>โตกว่ามุมวิกฤตลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่น<br/>จะเป็นอย่างไร (คลื่นจะเกิดการสะท้อนกลับมา<br/>ยังตัวกลางเดิม) ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าอย่างไร<br/>(การสะท้อนกลับหมด Total Reflection)</p> |                                                                                                                                                                                                    |
| <p>5. ขั้นประเมิน</p> <p>- ครูถามคำถาม</p> <p>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม</p>                                                                                                                | <p>- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง</p> <p>- นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้<br/>(คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์<br/>ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ<br/>วิเคราะห์หลักการ)</p> |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบ  
เสาะหาความรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ชอบการทำงานเป็นกลุ่ม เพราะ ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม  
และทำให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มสามารถแสดงความคิดเห็นของตนเองเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ  
ได้” (อนุทิน น37)

“มีการจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมทำให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มเกิดความ  
กระตือรือร้นที่จะทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียน” (อนุทิน น31)

“ครูยกตัวอย่างระหว่างที่ทำการสอนและหลังการสอน ทำให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น”  
(อนุทิน น40)

“ครูตั้งคำถาม ทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น ข้อโต้แย้ง จนสรุปเป็นประเด็น  
ความรู้” (อนุทิน น33)

“นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม และได้แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน  
และครูกับนักเรียน ทำให้เข้าใจในเนื้อหามากขึ้น” (อนุทิน น02)

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ควรเพิ่มเวลาอีก 1 คาบ เพราะทุกชั้นของการจัดการเรียนรู้เร่งจนเกินไปทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายต่อการเรียนในคาบนี้ ส่วนชั้นอธิบายและลงข้อสรุป ครูควรถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและนำไปสู่การลงข้อสรุปเกี่ยวกับกฎการสะท้อน และครูควรทำโจทย์ตัวอย่างให้นักเรียนศึกษาร่วมกันก่อนแล้วค่อยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดซึ่งจากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้อยู่ในระดับดีมากคือ สามารถระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนสามารถนำตัวแปรที่ได้มาเชื่อมโยงให้อยู่ในรูปสมการ นอกจากนี้แล้วยังสามารถนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการและแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง

**ตารางที่ 9** วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแทรกสอดของคลื่น

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้ | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน    |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1. ขั้นสร้างความสนใจ                                 |                                               |
| - ครูนำคลิปวิดีโอให้นักเรียนดู                       | - จากการสังเกตจากคลิปวิดีโอและคำถาม           |
| - ครูถามคำถามจากสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็น เช่น -     | - กระตุ้นของครูทำให้นักเรียนบอกได้ว่าการ      |
| เมื่อมีแสงส่องผ่านคลื่นผิวน้ำนักเรียนสังเกตเห็น      | รวมกันของคลื่นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่รวมกับคลื่น |
| ลักษณะของคลื่นผิวน้ำเป็นอย่างไร (เห็นเป็นแถบ         | และท้องคลื่นรวมกับท้องคลื่นจะเกิดริ้ว         |
| สว่าง และแถบมืดบนฉาก)                                | แถบสว่างและแถบมืดสลับกันไป (วิเคราะห์         |
| - แถบสว่างเกิดจากส่วนใดของคลื่น (สัน                 | ความสำคัญ)                                    |
| ของคลื่นผิวน้ำ)                                      |                                               |
| - แถบมืดเกิดจากส่วนใดของคลื่น (ท้องของ               |                                               |
| คลื่นผิวน้ำ)                                         |                                               |
| - เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มารวมกันนักเรียน               |                                               |
| สังเกตเห็นอะไรบ้างจากคลิป (คลื่นเกิดการ              |                                               |
| ซ้อนทับกัน)                                          |                                               |
| - การรวมกันของคลื่นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่รวมกับ        |                                               |
| คลื่นและท้องคลื่นรวมกับท้องคลื่นนักเรียน             |                                               |
| สังเกตเห็นอะไร (ริ้วแถบสว่างและแถบมืดสลับ            |                                               |
| กันไป)                                               |                                               |

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <p>- นักเรียนแบ่งกลุ่มลงมือปฏิบัติการทดลองซึ่งมีอุปกรณ์การทดลองดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ชุดถาดคลื่น จำนวน 1 ชุด</li> <li>2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำจำนวน 1 เครื่อง</li> <li>3. กระดาษ ขนาด A4 จำนวน 4 แผ่น</li> <li>4. ไม้บรรทัดหรือไม้โปรแทรกเตอร์จำนวน 2 อัน</li> </ol> <p>- ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เช่น ที่ตำแหน่งสันคลื่นพบกับสันคลื่น หรือ ท้องคลื่นพบกับท้องคลื่น การกระจัดของคลื่น รวมทั้งสองเป็นอย่างไร (การกระจัดของคลื่นเสริมกัน) ผิวน้ำจะมีการกระเพื่อมเป็นอย่างไร (ระดับผิวน้ำกระเพื่อมมากที่สุด หรือลดต่ำมากที่สุด)</p>                  | <p>- จากการลงมือปฏิบัติการทดลองและคำถามร่วมของครูขณะทำการทดลองทำให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่า</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การรวมกันของคลื่นแบบเสริม หรือ การแทรกสอดแบบเสริม เกิดจากสันคลื่นพบกับสันคลื่น หรือ ท้องคลื่นพบกับท้องคลื่น</li> <li>2. การรวมกันของคลื่นแบบหักล้างกัน หรือ การแทรกสอดแบบหักล้างเกิดจากสันคลื่นพบกับท้องคลื่น หรือ ท้องคลื่นพบกับสันคลื่น (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)</li> </ol> |
| <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่สังเกตเห็นจากการลงมือปฏิบัติการทดลองได้ เช่น</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากการทดลองถ้าใช้แหล่งกำเนิดอาพันธ์ที่มีเฟสตรงกันแนวกลางระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองจะเป็นอย่างไร (เป็นเส้นปฏิบัติ <math>A_0</math>)</li> <li>- ถัดจากแนวกลางจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (เป็นเส้นปฏิบัติทั้งสองข้างของเส้นปฏิบัติกลาง <math>N_1</math>)</li> <li>- ถัดจากเส้นปฏิบัติหนึ่งจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (เป็นเส้นปฏิบัติลำดับที่หนึ่งทั้งสองข้างของปฏิบัติกลาง <math>A_1</math>)</li> </ul> | <p>- นักเรียนสามารถนำความรู้จากการทดลองและคำถามที่ครูกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดนั้นมาสรุปเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นได้ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)</p>                                                                                                                                                                                                                               |

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>4. ขยายความรู้</p> <p>- ครูถามคำถามเพิ่มเติม เช่น ถ้าแหล่งกำเนิด<br/>อาพันธ์มีเฟสต่างกันคงตัว 180 องศา หรือมีเฟส<br/>ตรงข้ามกัน แนวกลางระหว่างแหล่งกำเนิดทั้ง<br/>สองจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (เป็นแนวของการ<br/>แทรกสอดแบบหักล้าง หรือ แนวบัพ)</p> | <p>- นักเรียนสามารถทำโจทย์ประยุกต์ได้ (คิด<br/>วิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์<br/>ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ<br/>วิเคราะห์หลักการ)</p>                                         |
| <p>5. ขั้นประเมิน</p> <p>- ครูถามคำถาม<br/>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม</p>                                                                                                                                                                               | <p>- นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง<br/>- นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด<br/>ไว้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์<br/>ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ<br/>วิเคราะห์หลักการ)</p> |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และอยากให้ครูปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ชอบการทดลองเพราะทำให้เห็นภาพและสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้” (อนุทิน น38)

“ชอบการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มทำให้ทำให้สมาชิกภายในกลุ่มมีความสามัคคีกัน” (อนุทิน น05)

“ควรปรับเรื่องเวลาให้เพิ่มขึ้นเพราะเนื้อหาที่สอนเยอะมากครูพูดเร็วเกินไปทำให้ตามไม่ทัน” (อนุทิน น17)

“ครูควรอธิบายในส่วนของแบบฝึกหัดตัวอย่างเพิ่มเติมเพราะบางข้อยังสับสนและแยกความสัมพันธ์ของตัวแปรยังไม่ได้” (อนุทิน น34)

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ควรปรับเปลี่ยนชั้นอธิบายและลงข้อสรุปครู ควรปรับเปลี่ยนคำถามเพื่อเชื่อมโยงสู่สมการที่ใช้ในการคำนวณ ข้นขยายความรู้ครูอธิบาย โจทย์เพิ่มเติมเพราะถ้าโจทย์ประยุคต้นนักเรียนบางคนยังวิเคราะห์ไม่ได้และบางคนยังไม่สามารถ ระบุตัวแปรได้

**ตารางที่ 10** วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง คลื่นนิ่ง

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูนำคลิปวิดีโอให้นักเรียนดู</li> <li>- ครูถามคำถามจากสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็น เช่น               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ถ้ามีคลื่นสองลูกคลื่นเคลื่อนที่เข้าหากันจะเกิดอะไรขึ้น (คลื่นเกิดการรวมกัน)</li> <li>- ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าอะไร (การแทรกสอดของคลื่น)</li> <li>- ตำแหน่งที่มีการแทรกสอดของคลื่นแบบเสริมคือบริเวณใด (บริเวณที่มีการกระจัดของคลื่นสูงที่สุดและ ต่ำที่สุด )</li> </ul> </li> <li>- ครูสาธิตการทดลอง</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากการสังเกตคลิปวิดีโอการสาธิตการทดลองของครู และคำถามกระตุ้นของครูทำให้นักเรียนบอกได้ว่า เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ตกกระทบจุดสะท้อนตรงแนแล้วเกิดการสะท้อนกลับมาแทรกสอดกันแบบเสริมและแบบหักล้าง (วิเคราะห์ความสำคัญ)</li> </ul>                    |
| <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูสาธิตการทดลองการเกิดคลื่นนิ่ง</li> <li>- ครูนำคลิปวิดีโอมาให้นักเรียนดู</li> <li>- ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เช่น เมื่อคลื่นที่มาถึงตำแหน่งที่พาดรอกลักษณะของคลื่นเป็นอย่างไร (คลื่นเคลื่อนที่มาตกกระทบแล้วเกิดการสะท้อนแบบกลับเฟส คือเข้าส้นคลื่นสะท้อนออกมาเป็นท้องคลื่น)</li> </ul>                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากการดูคลิปวิดีโอการสาธิตการทดลองของครู รวมถึงคำถามกระตุ้นกระบวนการคิดทำให้นักเรียนบอกได้ว่า ตำแหน่งต่างๆที่เกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมและแบบหักล้างจะมีลักษณะ คงที่ตลอดเวลา เรียกว่าคลื่นนิ่ง Standing wave (วิเคราะห์ความสำคัญ)</li> </ul> |

## ตารางที่ 10 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูนำคลิปวิดีโอมาให้แก่นักเรียนดู</li> <li>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่สังเกตเห็นจากการลงมือปฏิบัติการทดลองได้ เช่น</li> <li>- สำหรับคลื่นนิ่งในเส้นเชือกตรงตำแหน่งปฏิบัติ ลักษณะการสั่นของเชือกเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (เชือกจะมีการสั่นมากที่สุด หรือมีการกระจัดมากที่สุด)</li> <li>- ตำแหน่งที่คลื่นผิวน้ำแทรกสอดแบบหักล้างคือ ส่วนที่ผิวน้ำมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (ส่วนที่ผิวน้ำเรียบไม่กระเพื่อม)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากการดูคลิปวิดีโอ คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนทำให้นักเรียนสรุปลักษณะของคลื่นนิ่งได้ดังนี้</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. จุดบัพที่อยู่ติดกันจะห่างกัน เท่ากับ <math>\frac{\lambda}{2}</math> เสมอ</li> <li>2. จุดปฏิบัพที่อยู่ติดกันจะห่างกัน เท่ากับ <math>\frac{\lambda}{2}</math> เสมอ</li> <li>3. จุดบัพและปฏิบัพที่ติดกันจะห่างกัน เท่ากับ <math>\frac{\lambda}{4}</math> เสมอ</li> <li>4. แอมพลิจูดสูงสุดของจุดปฏิบัพจะเป็นสองเท่าของคลื่นย่อยทั้งสอง</li> <li>5. คาบของคลื่นนิ่งเท่ากันกับคาบคลื่นย่อยทั้งสอง (วิเคราะห์หลักการ)</li> </ol> |
| <p>4. ขั้นขยายความรู้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูถามคำถามเพิ่มเติม เช่น จำนวนลูปของคลื่นที่เกิดขึ้นเกิดเนื่องจากปัจจัยใด (เกิดจากแรงตึงของเส้นเชือกยิ่งตึงมากยิ่งทำให้จำนวนลูปน้อยลง เพราะแรงตึงเชือกมีค่ามากส่งผลให้อัตราเร็วคลื่นมีค่ามาก จากความสัมพันธ์ของสมการ <math>v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}</math> เมื่ออัตราเร็วคลื่นมากจะส่งผลให้ ความยาวคลื่นมาก จากความสัมพันธ์ของสมการ <math>v = f\lambda</math> เมื่อความยาวคลื่นมากเป็นผลให้จำนวนลูปน้อยลงนั่นเอง)</li> </ul>                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนสามารถทำโจทย์ประยุกต์ได้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์ ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

ตารางที่ 10 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้ | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. ขั้นประเมิน<br>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม             | - นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง<br>- นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์ ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ วิเคราะห์หลักการ) |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และอยากให้ครูปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ได้เรียนรู้จากการถามคำถามของครูแล้วให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ทำให้นักเรียนเข้าใจในเรื่อง คลื่นนิ่งมากขึ้น” (อนุทิน น08)

“มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกันระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง และนักเรียนกับครูด้วย” (อนุทิน น47)

“การนำคลิปวิดีโอที่เห็นภาพการเกิดคลื่นนิ่งที่ชัดเจนมากกว่านี้มาให้ให้นักเรียนดู” (อนุทิน น14)

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ขั้นสร้างความสนใจนักเรียนชอบที่ครูนำสื่อวิดีโอมาให้ดูก่อนที่จะถามคำถามเพื่อนำไปสู่การพิจารณาตำแหน่งต่างๆที่เกิดจากการรวมกันของคลื่นจนทำให้เกิดคลื่นนิ่งในชั้นอธิบายและลงข้อสรุปครูควรให้นักเรียนแต่ละคนวาดรูปคลื่นนิ่งพร้อมกับระบุตำแหน่งต่างๆที่เกิดขึ้นบนคลื่นนิ่งเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำโจทย์ที่ประยุกต์ต่อไป

**ตารางที่ 11** วิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเลี้ยวเบนของคลื่น

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูนำรูปภาพให้นักเรียนดู</li> <li>- ครูถามคำถามจากสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็น เช่น แล้วถามคำถามนักเรียนคิดว่าน้ำจะมีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างไร (น้ำจะเคลื่อนที่ตกกระทบสิ่งกีดขวางบางส่วนจะสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม และบางส่วนจะสามารถเลี้ยวอ้อมผ่านสิ่งกีดขวางได้)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- คลื่นน้ำจะเคลื่อนที่ตกกระทบสิ่งกีดขวางบางส่วนจะสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม และบางส่วนจะสามารถเลี้ยวอ้อมผ่านสิ่งกีดขวางได้ (วิเคราะห์ความสำคัญ)</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนร่วมกันทำการทดลองซึ่งมีอุปกรณ์การทดลองดังนี้ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ชุดถาดคลื่น จำนวน 1 ชุด</li> <li>2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำจำนวน 1 เครื่อง</li> <li>3. กระดาษ ขนาด A4 จำนวน 2 แผ่น</li> <li>4. แผ่นกั้นหน้าตรงจำนวน 4 แผ่น</li> </ol> </li> <li>- ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เช่น เมื่อใช้แผ่นกั้นขวางการเคลื่อนที่ของคลื่น ผิวหน้าบางส่วน คลื่นจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร ด้านหลังของแผ่นกั้น (มีบางส่วน of คลื่นผิวหน้าที่สามารถเลี้ยวอ้อมแผ่นกั้นได้ และส่วนที่เลี้ยวอ้อมผ่านแผ่นกั้นกระจายจากขอบของแผ่นกั้นไปทางด้านหลังของแผ่นกั้นนั้น) การที่มีคลื่นเกิดขึ้น ด้านหลังของแผ่นกั้นเรียกว่าอะไร (การเลี้ยวเบนของคลื่น Diffraction)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของนักเรียนรวมถึงคำถามกระตุ้นกระบวนการคิดทำให้นักเรียนบอกได้ว่า มีบางส่วน of คลื่นผิวหน้าที่สามารถเลี้ยวอ้อมแผ่นกั้นได้ และส่วนที่เลี้ยวอ้อมผ่านแผ่นกั้นกระจายจากขอบของแผ่นกั้นไปทางด้านหลังของแผ่นกั้น ซึ่งการเกิดคลื่นบริเวณด้านหลังของแผ่นกั้นเรียกว่า การเลี้ยวเบนของคลื่น (Diffraction) (วิเคราะห์ความสำคัญ)</li> </ul> |
| <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนสามารถนำผลที่ได้จากการทดลอง รวมถึงคำถามของครู มาสรุปเป็นหลักของ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## ตารางที่ 11 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี<br>สืบเสาะหาความรู้                                                                                                                                        | ความสามารถในการคิดวิเคราะห์<br>ของนักเรียน                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| สิ่งที่สังเกตเห็นจากการลงมือปฏิบัติการทดลองได้<br>เช่น การเคลื่อนที่ของคลื่นเคลื่อนที่ผ่านแผ่นกั้นได้<br>เรียกว่าเกิดปรากฏการณ์ใด มีลักษณะเป็นอย่างไร<br>(การเลี้ยวเบนของคลื่น Diffraction) | ฮอยเกนส์ และนำไปสู่สมการที่ใช้ในการ<br>คำนวณได้ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)                                                                                                               |
| 4. ขยายความรู้<br>- ครูถามคำถามเพิ่มเติม เช่น จากการสังเกตภาพ<br>นักเรียนสังเกตเห็นอะไร มีผลกระทบกับมนุษย์<br>และมีผลเสียกับระบบนิเวศหรือไม่อย่างไร                                         | - นักเรียนสามารถทำโจทย์ประยุกต์ได้ (คิด<br>วิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์<br>ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ<br>วิเคราะห์หลักการ)                                        |
| 5. ขั้นประเมิน<br>- ครูถามคำถาม<br>- ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม                                                                                                                                   | - นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง<br>- นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด<br>ไว้ (คิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ คือ วิเคราะห์<br>ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ<br>วิเคราะห์หลักการ) |

จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนชอบวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และอยากให้ครูปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ดังในอนุทินสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ชอบการทดลองการเลี้ยวเบนของคลื่นเพราะทำให้สามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้” (อนุทิน น02)

“ครูควรนำการทดลองเสมือนจริงมาอธิบายหลักการของฮอยเกนส์เพราะจากการทดลองภาพที่เกิดขึ้นไม่สามารถสรุปเป็นหลักของฮอยเกนส์ได้” (อนุทิน น25)

บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่า ชั้นอธิบายและลงข้อสรุปควรนำการทดลองเสมือนจริงมาให้นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสรุปหลักการของฮอยเกนส์และการลงข้อสรุปเกี่ยวกับสูตรที่ใช้ในการคำนวณครุควมคามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณ นอกจากนี้ยังขยายความรู้ควรอธิบายโจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อฝึกให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ทั้งหมดที่เรียนมาแล้วนำไปสู่โจทย์ปัญหาที่ประยุกต์มากขึ้น ซึ่งพบว่าจากการสังเกตการตอบคำถามและการตรวจแบบฝึกหัดของนักเรียนพบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับดีมาก ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้

จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล รวมทั้งหมด 8 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูโดยภาพรวมพบว่าวิธีการที่ผู้วิจัยใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล คือ การสาธิตการทำกิจกรรมเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิด การทดลองเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และนำไปสู่การคิดวิเคราะห์ การนำเสนอผลการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 12

**ตารางที่ 12** สรุปวิธีการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล

| ขั้นตอนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ | กรอบแนวคิดทางทฤษฎี                                                                                                                                                                                                                                                          | วิธีการที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องคลื่นกล                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ขั้นสร้างความสนใจ                  | เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน จากความสงสัย เกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้อแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มี | - ใช้สื่อวีดีโอกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและสามารถเชื่อมโยงความรู้<br>- ใช้คำถามหรือกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนสังเกตเปรียบเทียบสิ่งที่ครูสร้างขึ้นกับความรู้นักเรียน<br>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตัวแปรที่เป็นสาเหตุหรือเป็นผลของ |

ตารางที่ 12 (ต่อ)

| ขั้นตอนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ | กรอบแนวคิดทางทฤษฎี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | วิธีการที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องคลื่นกล                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | ประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา                                                                                                                                                                                                                                                            | เรื่องราวในสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อกำหนดประเด็นในการสืบค้นต่อไป                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. ขั้นสำรวจและค้นหา                  | ทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้ การวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสาร อังอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป | <p>- ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองโดยครูตั้งประเด็นปัญหาให้แต่ละการทดลองและให้นักเรียนเป็นผู้สำรวจและค้นหาคำตอบ</p> <p>- ใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่นักเรียนศึกษา</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน</p> |

## ตารางที่ 12 (ต่อ)

| ขั้นตอนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ | กรอบแนวคิดทางทฤษฎี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | วิธีการที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องคลื่นกล                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป             | ได้ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาดสร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ | - ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นหลักการ   |
| 4. ขึ้นขยายความรู้                    | นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆและทำให้เกิดความรู้มากขึ้น                                                                                                                      | - ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งที่ได้เรียนรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ และสามารถนำไปอธิบายสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน |

## ตารางที่ 12 (ต่อ)

| ขั้นตอนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ | กรอบแนวคิดทางทฤษฎี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | วิธีการที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องคลื่นกล                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. ขั้นประเมิน                        | <p>ประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากชั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป</p> | <p>- ใช้วิธีการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เช่น การใช้คำถาม การสังเกต แบบฝึกหัด และแบบทดสอบเป็นต้น</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ต่อไป</p> |

วิธีการจัดการเรียนรู้บางอย่างที่ผู้วิจัยใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง คลื่นกล เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนจะเห็นได้จากข้อความในอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนที่กล่าวมาแล้วจากแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้นั้นสะท้อนให้เห็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนคิดว่าจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนแล้วนำข้อมูลมาจัดกลุ่มและหาค่าความถี่พบว่า “ การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม ” เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ รายละเอียด ดังตารางที่ 13

**ตารางที่ 13** ผลการวิเคราะห์อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกลที่มีผลต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| เทคนิคและวิธีการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้<br>เรื่องคลื่นกล                            | ความถี่ของนักเรียน<br>ที่ตอบ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1. การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม                                                     | 360                          |
| 2. การนำเสนอผลการทำกิจกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และครูกับนักเรียน | 320                          |
| 3. การที่ครูสาธิตการทำกิจกรรมเพื่อกระตุ้นความสนใจ                                            | 280                          |
| 4. การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม                                                                  | 256                          |
| 5. การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น                                                        | 240                          |
| 6. การยกตัวอย่างระหว่างที่ทำการสอนและหลังการสอน                                              | 224                          |
| 7. การนำสื่อการทดลองเสมือนจริงมาใช้ประกอบการสอน                                              | 208                          |

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนคิดว่าช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ มีอยู่ 7 แนวทาง ได้แก่ 1) การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม 2) การนำเสนอผลการทำกิจกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และครูกับนักเรียน 3) การที่ครูสาธิตการทำกิจกรรมเพื่อกระตุ้นความสนใจ 4) การทำการทดลองและการทำแบบฝึกหัดร่วมกันเป็นกลุ่ม 5) การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น 6) ยกตัวอย่างแบบฝึกหัดระหว่างที่ทำการสอนและหลังการสอน 7) นำสื่อการทดลองเสมือนจริงมาใช้ประกอบการสอน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนคิดว่าช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน กับวิธีการที่ครูใช้ในการจัดการเรียนตามขั้นตอนการจัด การเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล ได้ผลดังตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางการจัดการเรียนรู้จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนและวิธีการที่ครูใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล

| ขั้นตอนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ | เทคนิคหรือวิธีการที่ครูใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | แนวทางการจัดการเรียนรู้จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ขั้นสร้างความสนใจ                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้สื่อวิดีโอกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและสามารถเชื่อมโยงความรู้</li> <li>- ใช้คำถามหรือกำหนดสถานการณ์ ให้นักเรียนสังเกต เปรียบเทียบสิ่งที่ครูสร้างขึ้นกับความรู้เดิมของนักเรียน</li> <li>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตัวแปรที่เป็นสาเหตุหรือเป็นผลของเรื่องราวในสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อกำหนดประเด็นในการสืบค้นต่อไป</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้สื่อการทดลองเสมือนจริง</li> <li>- การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม</li> <li>- การที่ครูสาธิตการทำกิจกรรม</li> <li>- การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น</li> </ul>                                |
| - ขั้นสำรวจและค้นหา                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองโดยครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนตั้งประเด็นปัญหาในแต่ละการทดลองและให้นักเรียนเป็นผู้สำรวจและค้นหาคำตอบ</li> <li>- ใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่นักเรียนศึกษา เช่น คำถามในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การหักเหของคลื่น “จากการทดลองนักเรียนสังเกตเห็นคลื่นน้ำมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางน้ำตื้นและน้ำลึกความเร็วของคลื่นมีลักษณะเป็นอย่างไร” <u>ตอบ</u> เพิ่มขึ้นจาก <math>v = f\lambda</math> เมื่อ ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นในขณะที่ความถี่คงที่จากสมการจะส่งผลต่อ <math>v</math> จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม</li> <li>- การนำเสนอผลการทำกิจกรรม</li> <li>- การที่ครูสาธิตการทำกิจกรรม</li> <li>- การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม</li> <li>- การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น</li> </ul> |

ตารางที่ 14 (ต่อ)

| ขั้นตอนการสอนด้วย<br>วิธีสืบเสาะหาความรู้ | เทคนิคหรือวิธีการที่ครูใช้<br>ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | แนวทางการจัดการ<br>เรียนรู้จากอนุทิน<br>สะท้อนการเรียนรู้ของ<br>นักเรียน                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           | <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน เช่น คำถามในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การหักเหของคลื่น</p> <p>“จากการทดลองนักเรียนสังเกตเห็นคลื่นน้ำมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางน้ำตื้นและน้ำลึก ลักษณะของหน้าคลื่นเป็นอย่างไร” <u>ตอบ</u> เมื่อหน้าคลื่นตกกระทบที่ผิวรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้นแล้ว หน้าคลื่นจะหักเหเคลื่อนที่ไปยังตัวกลางที่สอง)</p> |                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. ขั้นอธิบายและลง<br>ข้อสรุป             | <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นหลักการ เช่น ในการสอนเรื่อง คลื่นนิ่ง ผู้วิจัยถามว่าสำหรับคลื่นนิ่งในเส้นเชือกตรงตำแหน่งปฏิบัติลักษณะการสั่นของเชือกเป็นอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ</p> <p><u>ตอบ</u> เชือกจะมีการสั่นมากที่สุด หรือมีการกระจัดมากที่สุด</p>                                                         | <p>- การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม</p> <p>- การนำเสนอผลการทำกิจกรรม</p> <p>- การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม</p> <p>- การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น</p> <p>- การยกตัวอย่างระหว่างที่ทำการสอนและหลังการสอน</p> |
| 4. ขั้นขยายความรู้                        | <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งที่ได้เรียนรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ และสามารถนำไปอธิบายสิ่งต่างๆที่</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>- การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม</p> <p>- การนำเสนอผลการทำกิจกรรม</p>                                                                                                                                     |

ตารางที่ 14 (ต่อ)

| ขั้นตอนการสอนด้วย<br>วิธีสืบเสาะหาความรู้ | เทคนิคหรือวิธีการที่ครูใช้<br>ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | แนวทางการจัดการ<br>เรียนรู้จากอนุทิน<br>สะท้อนการเรียนรู้ของ<br>นักเรียน                                                            |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           | <p>เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น ในการสอนเรื่อง คลื่นนิ่ง ผู้วิจัยถามว่า จำนวนลูกของคลื่นที่เกิดขึ้นเกิดเนื่องจากปัจจัยใด <u>ตอบ</u> เกิดจากแรงดึงของเส้นเชือกยิ่งตึงมากยิ่งทำให้จำนวนลูกน้อยลง เพราะแรงดึงเชือกมีค่ามากส่งผลให้อัตราเร็วคลื่นมีค่ามาก จากความสัมพันธ์ของสมการ เมื่ออัตราเร็วคลื่นมากจะส่งผลให้ความยาวคลื่นมาก จากความสัมพันธ์ของสมการ</p> <p>เมื่อความยาวคลื่นมากเป็นผลให้จำนวนลูกน้อยลงนั่นเอง</p> | <p>- การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม</p> <p>- การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น</p> <p>- การยกตัวอย่างระหว่างที่ทำการสอนและหลังการสอน</p> |
| 5. ขั้นประเมิน                            | <p>- ใช้วิธีการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เช่น การใช้คำถาม การสังเกต แบบฝึกหัด และแบบทดสอบเป็นต้น</p> <p>- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ต่อไป เช่น ในการสอนเรื่อง การเลี้ยวเบนของคลื่น ผู้วิจัยถามว่าให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลกระทบร่วมกันว่ามีผลเสียกับระบบนิเวศหรือไม่อย่างไร</p>                             | <p>- การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม</p> <p>- การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น</p>                                          |

จากตารางที่ 14 เมื่อพิจารณาแนวทางการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 แนวทางที่นักเรียนเขียนสะท้อนให้เห็นว่าเป็นแนวทางที่ช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้นั้น พบว่ามี

ความสัมพันธ์กับเทคนิคหรือวิธีการที่ครูใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล และเมื่อนำความสัมพันธ์นี้มาวิเคราะห์ต่อ สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ | แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ |                                                                                           |                                              |                          |                                    |                                              |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                  | การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม                            | การนำเสนอผลการทำกิจกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และครูกับนักเรียน | การที่ครูจัดการทำกิจกรรมเพื่อกระตุ้นความสนใจ | การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม | การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น | การยกตัวอย่างระหว่างที่ทำการสอนและหลังการสอน |
| ขั้นสร้างความสนใจ                                | ✓                                                                |                                                                                           | ✓                                            |                          | ✓                                  | ✓                                            |
| ขั้นสำรวจและค้นหา                                | ✓                                                                | ✓                                                                                         | ✓                                            | ✓                        | ✓                                  |                                              |
| ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป                           | ✓                                                                | ✓                                                                                         |                                              | ✓                        | ✓                                  | ✓                                            |
| ขั้นขยายความรู้                                  | ✓                                                                | ✓                                                                                         |                                              | ✓                        | ✓                                  | ✓                                            |
| ขั้นประเมิน                                      | ✓                                                                |                                                                                           |                                              |                          | ✓                                  |                                              |

จากตารางที่ 15 สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ได้ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ ควรมีการใช้สื่อการทดลองเสมือนจริง ครูจัดการทำกิจกรรมจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน 2) ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และขั้นขยายความรู้ ควรเป็นกิจกรรมที่เน้นการทำงานกลุ่ม และนำเสนอผลการทำกิจกรรม และการใช้คำถาม เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน 3) ขั้นประเมิน ควร

จัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วม และถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น การที่แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เหล่านี้ช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ได้นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

### การอภิปรายผลการวิจัยข้อที่ 1

1. **ขั้นสร้างความสนใจ** เป็นการจัดการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน โดยครูใช้คำถามหรือกำหนดสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย สงสัย เปรียบเทียบสิ่งที่ครูสร้างขึ้นกับความรู้เดิมของนักเรียนและให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดประเด็นในการสืบค้นข้อมูล ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูใช้วิธีการสอนแบบสาธิต (Demonstration) และมีสื่อการทดลองเสมือนจริง เพื่อช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง เห็นสิ่งที่เรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจ และจดจำในเรื่องที่สาธิตได้ดีและนาน (ทศนา แวมณี, 2544) นอกจากนี้แล้ว ครูควรถามแล้วให้นักเรียนตอบเพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ตามความรู้และประสบการณ์เดิมของแต่ละคน การใช้คำถามของครูจะทำให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียน นอกจากนี้แล้วนักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็น ได้คิดอย่างต่อเนื่องเพื่อหาคำตอบ ได้ถามคำถามอย่างอิสระในสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติม ซึ่งการถามคำถามจัดเป็นกระบวนการที่นำไปสู่การเพิ่มพูนขยายความรู้ โดยถามในสิ่งที่สงสัยหรืออยากรู้ และสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับข้อสงสัยที่มีอยู่เพื่อเป็นการจัดข้อสงสัยเหล่านั้นรวมทั้งการพยายามอธิบายคำตอบของข้อสงสัยให้เป็นที่เข้าใจได้ (Budnitz, 2009; Wikipedia, 2009) นอกจากนี้แล้วการจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมจะทำให้ นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้ความคิด และการแก้ไขปัญหาาร่วมกัน จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (บุปผชาติ ทพิกรณ์, 2540 อ้างใน บัญญัติ ชำนาญกิจ, 2553) ดังนั้นในขั้นสร้างความสนใจ จึงควรใช้แนวทางที่ครูสาธิตการทำกิจกรรม การใช้สื่อการทดลองเสมือนจริง เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน การถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น และการจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้ความคิด และร่วมกันแก้ไขปัญหา

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และขั้นขยายความรู้** เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้มีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครู นอกจากนี้แล้ว ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามเพื่อขอคำแนะนำในการทำกิจกรรม โดยการถามตอบอย่างอิสระ สมาชิกทุกคนในแต่ละกลุ่มต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม มีการกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนอย่างชัดเจน จากการที่นักเรียนได้วาง

แผนการค้นคว้าและลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองทำให้นักเรียนได้ฝึกทั้งทักษะการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุจินต์ เลี้ยงจรรยาวัจน์ (2543) ที่ว่านักเรียนชอบที่จะทำกิจกรรมที่ได้จับต้องหรือทดลองกับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไตรรัตน์ รัตนเดช (2551) ที่พบว่าการศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตัวนักเรียนเองเสมอจะทำให้นักเรียนได้ฝึกคิด ได้ทักษะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในขั้นตอนนี้ครูจึงควรมีการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม มีการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม นอกจากนี้แล้วครูควรมีการถามคำถามเพื่อนำไปสู่กระบวนการคิด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

**3. ขั้นประเมินผล** ขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ระหว่างการเรียนการสอนในขั้นนี้ ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้นักเรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเองโดยการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม และยังเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของนักเรียนด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์, 2545) เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วจะร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยครูเป็นผู้ประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ต่อไป โดยหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกกิจกรรม ครูจะตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันหรือให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อประเมินการเรียนรู้ ในขั้นประเมินจึงควรใช้แนวทางการถามคำถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม และการคิดหาคำตอบด้วยตนเอง

## ส่วนที่ 2 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียน เรื่องความร้อนและแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล และแบบฝึกหัดของนักเรียน จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียด แล้วแปลผลออกมาในรูปของคะแนนและนำมาจำแนกเป็นรายบุคคลเพื่อหาค่าความถี่และร้อยละ ดังรายละเอียดตามตารางที่ 16 ถึง ตารางที่ 19

**ตารางที่ 16** ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์  
ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัว  
บ่งชี้ ข้อที่ 1 ก่อนเรียนเรื่องความร้อน และข้อที่ 1 หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล

| ตัวบ่งชี้                             | ก่อนการจัดการเรียนรู้ |               |               | หลังการจัดการเรียนรู้ |               |               |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|
|                                       | ดีมาก                 | ดี            | ควรปรับปรุง   | ดีมาก                 | ดี            | ควรปรับปรุง   |
| ความสามารถ<br>ด้านการคิด<br>วิเคราะห์ | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |               | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |               |
| 1. การวิเคราะห์<br>ความสำคัญ          | 9<br>(18.75)          | 13<br>(27.08) | 26<br>(54.17) | 28<br>(58.33)         | 15<br>(31.25) | 5<br>(10.47)  |
| 2. การวิเคราะห์<br>ความสัมพันธ์       | 7<br>(14.58)          | 9<br>(18.75)  | 32<br>(66.67) | 23<br>(47.92)         | 15<br>(31.25) | 10<br>(20.83) |
| 3. การวิเคราะห์<br>หลักการ            | 6<br>(12.50)          | 14<br>(29.17) | 28<br>(58.33) | 26<br>(54.17)         | 14<br>(29.16) | 8<br>(16.67)  |

จากตารางที่ 16 เมื่อสำรวจความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์  
ความสำคัญ การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการคิดวิเคราะห์หลักการ ก่อนการจัดการเรียนรู้  
จากคำถามที่ว่า

ปล่อยมวล 10 กิโลกรัม จากระดับสูง 20 เมตร ขณะที่ถึงพื้นมีความเร็วเป็น 15 เมตรต่อ  
วินาที วัตถุจะได้รับความร้อนเนื่องจากการเสียดสีกับอากาศเท่าใด

พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับควร  
ปรับปรุง จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 และรองลงมาก็ีระดับดี จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อย  
ละ 27.08 โดยนักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

#### ระดับ ควรปรับปรุง

“ความสูง คือ  $v = 20 \text{ m}$  ”

“ความเร็ว คือ  $h = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ”

“วัตถุเคลื่อนที่ทำให้พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น ”

จะเห็นว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง เพราะไม่สามารถกำหนดตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้สมการได้ และไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนรูปพลังงานได้

ระดับ ดี

“มวล คือ  $m = 10$  kg”

“ความสูง คือ  $h = 20$  m”

“ความเร็ว คือ  $v = 15$  m/s”

“เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v$  จะทำให้มีพลังงานจลน์ลดลงเพราะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานศักย์”

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับดีเพราะนักเรียนสามารถระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดได้ถูกต้องในประเด็นที่ 1 คือ มวล 10 กิโลกรัม ถูกปล่อยจากระดับสูง 20 เมตร ณ จุดสูงสุด มีพลังงานศักย์แฝงอยู่คือ  $E_p = mgh$  แต่ประเด็นที่ 2 นักเรียนบอกการเปลี่ยนรูปพลังงานได้ไม่ถูกต้องคือ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v$  จะทำให้มีพลังงานจลน์ลดลงเพราะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานศักย์ซึ่งที่ถูกต้องต้องกล่าวว่า เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v$  พลังงานศักย์จะลดลงเพราะถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานจลน์และเปลี่ยนรูปเป็นงานเนื่องจากแรงเสียดทานของอากาศซึ่งก็คือพลังงานความร้อนนั่นเอง

นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์ความสัมพัทธ์อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 และรองลงมาคือ ระดับ ดี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 18.75 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

ระดับ ควรปรับปรุง

$$\Delta Q = E_p$$

$$\Delta Q = mgh$$

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสัมพัทธ์อยู่ในระดับควรปรับปรุง เพราะนักเรียนเขียนความสัมพัทธ์ในรูปสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

ระดับ ดี

$$E_p = E_k - E_p - \Delta Q$$

$$\Delta Q = E_k - E_p$$

$$\Delta Q = \frac{1}{2}mv^2 - mgh$$

จะเห็นว่านักเรียนที่มีการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับดี เพราะสามารถกำหนดความสัมพันธ์ของสมการเพื่อนำไปสู่การคำนวณได้ แต่ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์เพราะนักเรียนกำหนดเครื่องหมายของสมการผิดและกำหนดตัวแปรสลับที่กันที่ถูกต้องคือ

$$E_p = E_k + \Delta Q$$

$$\Delta Q = E_p - E_k$$

$$\Delta Q = mgh - \frac{1}{2}mv^2$$

นอกจากนี้แล้วยังพบว่า การคิดวิเคราะห์หลักการของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 และระดับดี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 19.17 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

ระดับ ควรปรับปรุง

$$\Delta Q = mgh$$

$$\Delta Q = 10 \times 10 \times 15$$

$$\Delta Q = 1,500 \text{ J}$$

จะเห็นว่านักเรียนที่มีการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับ ปรับปรุง เพราะนักเรียนกำหนดสมการไม่ถูกต้องและแทนค่าตัวแปรไม่ถูกต้องทำให้คำตอบไม่ถูกต้อง

ระดับ ดี

$$\Delta Q = mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Delta Q = 10 \times 10 \times 20 + \frac{1}{2} \times 10 \times 15^2$$

$$\Delta Q = 10 \times 10 \times 20 + \frac{1}{2} \times 10 \times 15^2$$

$$\Delta Q = 2,000 + 1,125$$

จะเห็นว่านักเรียนที่มีการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับ ดี เพราะ นักเรียน กำหนด  
สมการคิดแต่แทนค่าในแต่ละตัวแปรถูกต้องซึ่งที่ถูกต้องสมบูรณ์คือ

$$\begin{aligned}\Delta Q &= mgh - \frac{1}{2}mv^2 \\ \Delta Q &= 10 \times 10 \times 20 - \frac{1}{2} \times 10 \times 15^2 \\ \Delta Q &= 10 \times 10 \times 20 - \frac{1}{2} \times 10 \times 15^2 \\ \Delta Q &= 2,000 - 1,125 \\ \Delta Q &= 875 \text{ J}\end{aligned}$$

ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จากคำถามหลังการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวว่า

แหล่งกำเนิดคลื่นผิวน้ำสั้น 20 รอบในเวลา 4 วินาที และพบว่าระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกันมีค่าเท่ากับ 10 เซนติเมตร จงหา อัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ

พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ อยู่ในระดับดีมาก มีจำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ อยู่ในระดับดีมาก มีจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 47.92 และวิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 54.17 ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

วิเคราะห์ความสำคัญ อยู่ในระดับ ดีมาก

“ คลื่นผิวน้ำสั้น 20 รอบต่อ 4 วินาที บอกค่าความถี่ คือ  $f = \frac{20}{4} = 5 \text{ Hz}$

ระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกัน คือ ความยาวคลื่น

$\lambda = 10 \text{ เซนติเมตร หรือ } 0.1 \text{ เมตร}$

อัตราเร็วคลื่น  $v$  เท่ากับเท่าใด “

จะเห็นว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ดีมาก เพราะนักเรียนสามารถ  
ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้เพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์

### วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระดับ ดีมาก

“อัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ หาได้จาก  $v = f\lambda$ ”

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ดีมาก เพราะนักเรียนสามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้ในรูปสมการเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง

### วิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ดีมาก

$$\begin{aligned}\text{จาก } v &= f\lambda \\ v &= 5 \times 0.1 \\ v &= 0.5 \text{ m/s}\end{aligned}$$

ดังนั้นอัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำมีค่าเท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาที

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับ ดีมาก เพราะนักเรียนสามารถนำตัวแปรที่กำหนดได้มาแทนค่าในสมการและแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์

จากการตรวจแบบฝึกหัดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วัฏจักร 5E พบว่าจากการตรวจแบบฝึกหัดเรื่อง คลื่นผิวน้ำข้อที่ 4 ทุกตัวบ่งชี้ของการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมากดังตัวอย่าง

เมื่อสังเกตคลื่นเคลื่อนที่ไปบนผิวน้ำพบว่าผิวน้ำกระเพื่อมขึ้นลง 600 รอบใน 1 นาที และระยะระหว่างสันคลื่นที่ติดกันวัดได้ 20 เซนติเมตร จงหาว่า เมื่อสังเกตคลื่นลูกหนึ่งเคลื่อนที่ไปใน 1 นาที จะได้ระยะทางกี่เมตร

### แสดงวิธีทำ

ผิวน้ำกระเพื่อมขึ้นลง 600 รอบใน 1 นาที หมายถึงบอกความถี่เท่ากับ (600 รอบ)/(60 วินาที) หรือ 10 Hz

ระยะห่างระหว่างสันคลื่นติดกันเท่ากับความยาวคลื่น  $\lambda = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$

ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ใน 1 นาทีมีค่าเท่าใด  $s = ?$

จากความสัมพันธ์ 
$$v = f\lambda = 0.2 \times 10 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

จากความสัมพันธ์ 
$$v = \frac{s}{t}$$
  

$$s = vt = 2 \times 60 = 120 \text{ m}$$

ดังนั้นระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ใน 1 นาที มีค่าเท่ากับ 120 เมตร

จากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับดีมากเพราะสามารถระบุตัวแปรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ นอกจากนี้แล้วการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการได้ถูกต้อง 2 ขั้นตอนคือ หาอัตราเร็วจากโจทย์กำหนดโดยใช้สมการ  $v = f\lambda$  ก่อนแล้วจึงไปสู่การหาค่าระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในเวลา 1 นาที โดยใช้สมการ และการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับดีมากคือนักเรียนสามารถนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบทดสอบก่อนเรียนเรื่อง ความร้อน ข้อที่ 2 และหลังเรียนเรื่อง คลื่นกล ข้อที่ 2 แสดงความถี่และร้อยละของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แสดงดังตาราง 16

**ตารางที่ 17** ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์  
ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัว  
บ่งชี้ ข้อที่ 2 ก่อนเรียนเรื่องความร้อน และข้อที่ 2 หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล

| ตัวบ่งชี้ความสามารถ<br>ด้านการคิดวิเคราะห์ | ก่อนการจัดการเรียนรู้ |               |                 | หลังการจัดการเรียนรู้ |               |                 |
|--------------------------------------------|-----------------------|---------------|-----------------|-----------------------|---------------|-----------------|
|                                            | ดีมาก                 | ดี            | ควร<br>ปรับปรุง | ดีมาก                 | ดี            | ควร<br>ปรับปรุง |
|                                            | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |                 | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |                 |
| 1. การวิเคราะห์<br>ความสำคัญ               | 8<br>(16.67)          | 12<br>(25.00) | 28<br>(58.33)   | 31<br>(64.59)         | 10<br>(20.83) | 7<br>14.58      |
| 2. การวิเคราะห์<br>ความสัมพันธ์            | 7<br>(14.58)          | 10<br>(20.83) | 31<br>(64.59)   | 29<br>(60.42)         | 17<br>(35.42) | 2<br>(4.16)     |
| 3. การวิเคราะห์<br>หลักการ                 | 6<br>(12.50)          | 15<br>(31.25) | 27<br>(56.25)   | 28<br>(58.33)         | 13<br>(27.09) | 7<br>14.58      |

จากตารางที่ 17 เมื่อทำการตรวจคำตอบของนักเรียนแล้วทำการวิเคราะห์ออกมาตามตัวบ่งชี้  
ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์  
และการวิเคราะห์หลักการ จากคำถามก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ คำถามคือ

วัตถุก้อนหนึ่งมีมวล 5 กิโลกรัม ตกจากตึกสูงจากพื้น 1000 เมตร พบว่าอัตราเร็วของวัตถุ  
ก่อนกระทบพื้นเท่ากับ 20 เมตรต่อวินาที ถ้า 30 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานกลที่สูญเสียไปจากการต้าน  
ของอากาศกลายเป็นความร้อนที่สะสมในวัตถุก่อนกระทบพื้นวัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าใด (กำหนด  
ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุเท่ากับ 500 จูลต่อกิโลกรัม-เคลวิน)

พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับควร  
ปรับปรุง จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 รองลงมาคือระดับดี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ  
25.00 โดยนักเรียนแสดงการวิเคราะห์ความสำคัญ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

### ระดับ ควรปรับปรุง

“มวล ( $m = 5 \text{ kg}$ ) , ความสูง ( $h = 100 \text{ เมตร}$ ) , ความเร็ว ( $v = 20$  เมตรต่อวินาที) ”

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ควรปรับปรุงเพราะระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้ไม่ถูกต้อง

### ระดับ ดี

“มวล ( $m = 5 \text{ kg}$ ) , ความสูง ( $h = 103 \text{ เมตร}$ ) ,  
ความเร็ว ( $v = 20$  เมตรต่อวินาที) ,  $30\% \Delta Q = E_{\text{สูญเสีย}}$   
ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ ( $c = 500$  จูลต่อกิโลกรัม - องศาเซลเซียส) ”

จะเห็นได้จากการวิเคราะห์โจทย์ของนักเรียนแล้วเขียนออกมาอยู่ในรูปของตัวแปรต่างๆ นักเรียนเขียนถูกต้องแต่มี มีการวิเคราะห์ผิดไป หนึ่งประเด็นคือ  $30\% \Delta Q = E_{\text{สูญเสีย}}$  ซึ่งที่ถูกต้องคือ  $30\% E_{\text{สูญเสีย}} = \Delta Q$  และโจทย์ถามหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเท่าใด  $\Delta T$  **แต่กลับแทนค่า**

นอกจากนี้แล้วยังพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 64.59 และรองลงมาคือระดับ ดี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.83 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

### ระดับ ควรปรับปรุง

นักเรียนเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้ดังนี้

$$E_k = E_p$$

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

จะเห็นได้จากการเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้ซึ่งนักเรียนนำมาจัดให้อยู่ในรูปของสมการไม่ถูกต้องซึ่งพิจารณาการเปลี่ยนรูปพลังงานผิดทั้งหมด

### ระดับ ดี

นักเรียนเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้ดังนี้

$$E_p = E_K - E_{\text{สูญเสีย}}$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 - E_{\text{สูญเสีย}}$$

จะเห็นว่าจากการเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้นักเรียนนำตัวแปรที่กำหนดได้มาเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ถูกต้องบางส่วนแต่นำพลังงานที่สูญเสียไปมาลบกับพลังงานจลน์ซึ่งเป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งสมการที่ถูกต้องคือ

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + E_{\text{สูญเสีย}}$$

นอกจากนี้แล้วจากการวิเคราะห์แบบทดสอบยังพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 56.25 และรองลงมาคือ ระดับ ดี จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

#### ระดับ ควรปรับปรุง

นักเรียนนำตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ความสำคัญมาแทนค่าที่ได้จากการกำหนดสมการ ดังนี้

$$\text{จากสมการ } E_K = mgh$$

$$E_K = 5 \times 10 \times 10^3$$

$$E_K = 5 \times 10^4 \text{ J}$$

จากการแทนค่าตัวแปรลงในสมการพบว่านักเรียนไม่ได้หาคำตอบในสิ่งที่โจทย์กำหนดเลย ซึ่งส่งผลมาจากการการวิเคราะห์ความสำคัญ แล้วส่งผลให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ผิดตามไปด้วย

#### ระดับ ดี

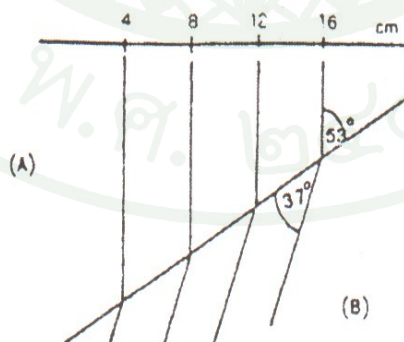
จากการแทนค่าตัวแปรลงในสมการพบว่านักเรียนที่อยู่ในระดับดีนั้นมีการแทนค่าตัวแปรในลักษณะดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 mgh &= \frac{1}{2}mv^2 + E_{\text{สูญเสีย}} \\
 5 \times 10 \times 10^3 &= \frac{1}{2} \times 5 \times 20^2 + E_{\text{สูญเสีย}} \\
 E_{\text{สูญเสีย}} &= 5 \times 10^4 - 0.1 \times 10^4 \\
 E_{\text{สูญเสีย}} &= 4.9 \times 10^4 \text{ J}
 \end{aligned}$$

จากการแก้สมการพบว่านักเรียนแก้ปัญหาอยู่ในระดับดีเพราะแก้ปัญหาคิดเลขถูกต้องแต่สิ่งที่โจทย์ถามไม่ใช่พลังงานจลน์ที่สูญเสีย โจทย์ถามต่อยอดอีก 1 ขั้นตอน คือถามหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเท่าใดแต่นักเรียนไม่แสดงวิธีการหาค่าอุณหภูมิมาเลยจึงทำให้คำตอบที่นักเรียนแสดงวิธีทำมาไม่ตรงกับสิ่งที่โจทย์ต้องการ

แต่หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการจัดกิจกรรมที่พัฒนาการคิดของนักเรียนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ผ่านขั้นตอน 5 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้และ ขั้นประเมิน พบว่านักเรียนมีการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้อยู่ในระดับดีมาก ดังคำถามที่กล่าวไว้ว่า

เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณ A ไปสู่บริเวณ B ในภาคเคลื่อน ทำให้เกิดการหักเหของคลื่นปรากฏดังรูป มีไม้สเกลเซนติเมตรวางเทียบไว้ ถ้าคลื่นนี้เกิดจาก แหล่งกำเนิดซึ่งมีอัตรา 20 รอบต่อ 4 วินาที อัตราเร็วของคลื่นน้ำที่บริเวณ B จะมีค่ากี่เมตรต่อวินาที



นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 64.59 คิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 60.42 คิดวิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 56.25 ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

### วิเคราะห์ความสำคัญ อยู่ในระดับ ดีมาก

“จากรูปพบว่า ระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่อยู่ติดกันที่บริเวณ A คือ ความยาวคลื่นในตัวกลางที่ 1 มีค่า 4 เซนติเมตร ดังนั้น

$$\lambda_1 = 4 \text{ cm}$$

โจทย์บอกคลื่นเคลื่อนที่ด้วยอัตรา 20 รอบต่อ 4 วินาที ดังนั้น ค่าความถี่ มีค่า 5 เฮิร์ตซ์

$$f = 5 \text{ Hz}$$

อัตราเร็วในตัวกลาง B มีค่าเท่าใด  $v_B = \text{เท่าใด}$  ”

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ดีมาก เพราะนักเรียนสามารถระบุตัวแปรจากการดูรูปภาพซึ่งโจทย์ไม่บอกมาโดยตรงนักเรียนต้องนำความรู้เดิมจากเรื่องที่เรียนมาแล้วคือนิยามของความยาวคลื่นมาใช้ทำให้สามารถระบุได้ว่าความยาวคลื่นตามที่โจทย์กำหนดให้คือ  $\lambda_1 = 4 \text{ cm}$  เช่นเดียวกันนักเรียนสามารถระบุความถี่ได้ถูกต้องและสามารถบอกได้ว่าโจทย์ต้องการอัตราเร็วในตัวกลาง B  $v_B = \text{เท่าใด}$  ซึ่งจากการระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้ถูกต้องจึงเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ

### วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระดับ ดีมาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{4}{\lambda_2}$$

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ดีมาก เพราะนักเรียนสามารถนำสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นจากรูปภาพคือมุมที่เกิดขึ้นระหว่างหน้าคลื่นตกกระทบกับผิวรอยต่อ คือ  $\theta_1 = 53^\circ$  และมุมที่หน้าคลื่นหักเหกระทำกับผิวรอยต่อ คือ  $\theta_2 = 37^\circ$  จากนั้นนักเรียนนำสิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์มาเขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการได้ถูกต้องเพื่อ

นำไปสู่การหาค่าความยาวคลื่นได้ถูกต้องสมบูรณ์และนอกจากนี้นักเรียนยังสามารถนำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดมาสร้างความสัมพันธ์และเขียนสมการเพื่อหาค่าของอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางที่ 2 ได้ดังนี้

$$v = \lambda f$$

จากการสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ตามที่โจทย์กำหนดให้ในรูปของสมการทั้งหมด ทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ดีมาก

วิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ดีมาก

จากการแก้สมการพบว่า

$$\frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{4}{\lambda_2}$$

$$\lambda_2 = 4 \times \frac{3}{4} \frac{5}{5}$$

$$\lambda_2 = 3 \text{ cm}$$

หา อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่ 2 จาก

$$v = \lambda f$$

$$v = 5 \times 3$$

$$v = 15 \text{ cm}$$

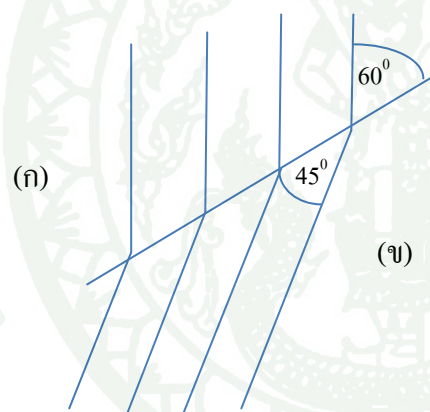
ดังนั้นอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่สองมีค่าเท่ากับ 15 เซนติเมตร

จากการแก้สมการของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถนำตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ในตัวบ่งชี้การวิเคราะห์ความสำคัญ และตัวบ่งชี้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ได้ถูกต้องซึ่งนักเรียนจะต้องนำความรู้เดิมที่เรียนมาใช้ในการประมวลผลข้อมูลและแทนค่าหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับดีมาก

จากการตรวจแบบฝึกหัดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าจากการตรวจแบบฝึกหัดเรื่อง การหักเหของคลื่นข้อที่1 พบว่าทุกตัวบ่งชี้ของการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก ดังตัวอย่าง

คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความลึกต่างกันเกิดปรากฏการณ์ดังรูป ในบริเวณ (ก) หน้าคลื่นอยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร ในบริเวณ (ข) คลื่นมีความเร็ว เซนติเมตรต่อวินาที ถ้าต้นกำเนิดคลื่นอยู่ในบริเวณ (ก) ความถี่ของต้นกำเนิดคลื่นมีค่าเท่าใด



แสดงวิธีทำ

หน้าคลื่นอยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร บอกความยาวคลื่นในบริเวณ (ก)

$$\lambda_n = 8 \text{ cm}$$

บอกความเร็วคลื่นในบริเวณ (ข)

$$v_b = 4\sqrt{2} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

จากรูปบอกมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบบนหน้าฉากทำกับแนวรอยต่อซึ่งมีค่าเท่ากับมุมตกกระทบบจะ  
ได้ว่า

$$\theta_1 = 60^\circ$$

จากรูปบอกมุมที่หน้าคลื่นหักเหกระทบบนหน้าฉากทำกับแนวรอยต่อซึ่งมีค่าเท่ากับมุมหักเหจะได้ว่า

$$\theta_2 = 45^\circ$$

โจทย์ต้องการความถี่ของคลื่นกำเนิดคลื่นในบริเวณ (ก)  $f_n = ?$  Hz

จาก

$$v_n = f_n \lambda_n$$

จาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_n}{v_u}$$

จะได้ว่า

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{f_n \lambda_n}{v_u}$$

$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{f_n 8}{4\sqrt{2}}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times \sqrt{2} = \frac{f_n 8}{4\sqrt{2}}$$

$$f_n = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ Hz}$$

ดังนั้น ความถี่ของคลื่นกำเนิดคลื่นมีค่าเท่ากับ  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  รอบต่อวินาที

จากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับดีมากเพราะสามารถระบุตัวแปรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ซึ่งนักเรียนจะต้องทำการวิเคราะห์หามุมตกกระทบและมุมหักเหโดยการดูจากรูปถ้านักเรียนไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับผิวรอยต่อคือมุมตกกระทบ และมุมที่หน้าคลื่นหักเหกระทำกับผิวรอยต่อคือมุมหักเหซึ่งนักเรียนกำหนดถูกต้อง นอกจากนี้แล้วการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการได้ถูกต้อง 3 ขั้นตอนคือ กำหนดสมการต้นแบบเพื่อใช้เชื่อมโยงสู่การหาค่าความถี่ในตัวกลาง (ก)  $v_n = f_n \lambda_n$  จากนั้นนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้มาใส่จนได้สมการ

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_n}{v_u}$$

นอกจากนี้แล้วมีการเปลี่ยนรูปสมการเพื่อนำไปสู่การหาค่าของคำตอบดังนี้

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{f_n \lambda_n}{v_u}$$

นอกจากนี้แล้วการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับดีมากคือนักเรียนสามารถนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้มาแทนในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

**ตารางที่ 18** ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัวบ่งชี้ ข้อที่ 3 ก่อนเรียนเรื่อง ความร้อน และข้อที่ 3 หลังเรียน เรื่องคลื่นกล

| ตัวบ่งชี้ความสามารถ<br>ด้านการคิดวิเคราะห์ | ก่อนการจัดการเรียนรู้ |               |               | หลังการจัดการเรียนรู้ |               |              |
|--------------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------|
|                                            | ดีมาก                 | ดี            | ควรปรับปรุง   | ดีมาก                 | ดี            | ควรปรับปรุง  |
|                                            | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |               | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |              |
| 1. การวิเคราะห์<br>ความสำคัญ               | 7<br>(14.58)          | 17<br>(35.42) | 24<br>(50.00) | 30<br>(62.50)         | 10<br>(20.83) | 8<br>(16.67) |
| 2. การวิเคราะห์<br>ความสัมพันธ์            | 10<br>(20.83)         | 17<br>(35.42) | 21<br>(43.75) | 29<br>(60.42)         | 11<br>(22.91) | 8<br>(16.67) |
| 3. การวิเคราะห์<br>หลักการ                 | 13<br>(27.08)         | 19<br>(39.59) | 16<br>(33.33) | 34<br>(70.83)         | 9<br>(18.75)  | 5<br>(10.42) |

จากตารางที่ 17 พบว่าเมื่อทำการตรวจคำตอบของนักเรียนแล้วทำการวิเคราะห์ออกมาตามตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ จากคำถามก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ คำถามคือ

รถยนต์คันหนึ่งเริ่มออกเดินทางในตอนเช้าซึ่งมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ก่อนออกเดินทางวัดความดันได้  $4 \times 10^5$  นิวตันต่อตารางเมตร อยากทราบว่าถ้าตอนบ่ายอุณหภูมิเพิ่มเป็น 37 องศาเซลเซียส อยากทราบว่าความดันของยางรถยนต์จะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร และใช้หลักการใดอธิบาย

พบว่า นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมาคือระดับดี จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 35.42 โดยนักเรียนแสดงการวิเคราะห์ความสำคัญ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ระดับ ควรปรับปรุง

จากการวิเคราะห์โจทย์นักเรียนกำหนดตัวแปรดังต่อไปนี้

$$\text{อุณหภูมิตอนแรก } T_1 = 27 \text{ K}$$

$$\text{อุณหภูมิตอนแรก } T_2 = 37 \text{ K}$$

$$\text{ความดันก่อนออกเดินทาง } P_1 = 4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ควรปรับปรุงเพราะระบุตัวแปรคืออุณหภูมิไม่ถูกต้องโดยอุณหภูมิที่นักเรียนกำหนดไม่เปลี่ยนจากอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสเป็นหน่วยเคลวิน และไม่กำหนดสิ่งที่โจทย์ต้องการคือความดันตอนหลัง

ระดับ ดี

$$\text{อุณหภูมิตอนแรก } T_1 = 300 \text{ K}$$

$$\text{อุณหภูมิตอนแรก } T_2 = 310 \text{ K}$$

$$\text{ความดันก่อนออกเดินทาง } P_1 = 4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับ ดี คือ นักเรียนกำหนดค่าของอุณหภูมิได้ถูกต้องคือต้องเปลี่ยนอุณหภูมิจากองศาเซลเซียสให้เป็นเคลวิน นอกจากนี้ นักเรียนกำหนดความดันก่อนออกเดินทางได้ถูกต้อง แต่ไม่กำหนดความดันตอนหลังเดินทาง

นอกจากนี้แล้วยังพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 43.75 และรองลงมาคือระดับ ดี จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 35.42 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

#### ระดับ ควรปรับปรุง

นักเรียนนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดมาเขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการดังนี้

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

จากการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการพบว่านักเรียนกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรไม่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการ

#### ระดับ ดี

นักเรียนนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้มาเขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการดังนี้

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

จากการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการพบว่านักเรียนกำหนดสมการที่นำไปสู่การคำนวณถูกต้อง คือ มีการกำหนดความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความดัน แต่มีบางส่วนที่เกินมาคือในโจทย์ไม่ได้กำหนดปริมาตรมาแต่นักเรียนนำมาคิดด้วยทำให้สมการที่ได้เป็นสมการที่เสียเวลาในการคำนวณ

นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับ ดี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 39.56 และรองลงมาคือ ระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

#### ระดับ ดี

นักเรียนนำตัวแปรที่ได้จากการกำหนดมาแทนค่าในสมการดังนี้

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

$$P_2 = \frac{4 \times 10^5 \times 310}{300}$$

$$P_2 = 4.133 \text{ N/m}^2$$

ดังนั้นความดันของยางรถยนต์ในตอนนี้มีค่าเท่ากับ  $4.133 \text{ N/m}^2$

ผลที่ได้จากการตรวจคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนนำตัวแปรที่กำหนดมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแทนค่าได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์เพราะนักเรียนไม่บอกว่าจากการหาค่าของความดันตอนนี้อาศัยหลักการใดมาใช้ในการหาค่าคำตอบ

ระดับ ควรปรับปรุง

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$4 \times 10^5 \times 300 = P_2 310$$

$$P_2 = \frac{4 \times 10^5 \times 300}{310}$$

ผลที่ได้จากการตรวจคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนนำตัวแปรที่กำหนดมาแทนค่าในสมการไม่ถูกต้อง โดยนำค่าอุณหภูมิที่โจทย์กำหนดมาแทนค่า  $V$  ซึ่งเป็นค่าของปริมาตร และแสดงวิธีคำนวณไม่ได้คำตอบ และไม่บอกว่าอาศัยหลักการใดมาใช้ในการหาค่าคำตอบ

หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการจัดกิจกรรมที่พัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนผ่านขั้นสร้างความสนใจซึ่งผู้วิจัยจะกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้สื่อการสอนเสมือนจริง ใช้การสาธิต หรือ บางครั้งอาจใช้คลิปวิดีโอมาเร้าให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เมื่อนักเรียนอยากรู้อยากเห็นแล้วก็ให้นักเรียนค้นหาคำตอบผ่านขั้นสำรวจค้นหาโดยผู้วิจัยจะเน้นให้นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเองและในขณะที่นักเรียนทำการทดลองนั้นผู้วิจัยจะใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนและให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาลงข้อสรุปในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปและนำความรู้ที่ได้มาในประยุกต์ใช้ในขั้นขยายความรู้และขั้นประเมิน พบว่านักเรียนมีการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้อยู่ในระดับดีมาก ที่กล่าวว่า

จุด A อยู่ห่างจาก  $S_1$  และ  $S_2$  ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์มีเฟสตรงกัน ให้กำเนิดคลื่น ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกัน 3 ซม. จุด A นี้ อยู่ห่างจาก  $S_1$  เป็นระยะ 6 ซม. และจะอยู่ห่างจาก  $S_2$  เท่าไร ถ้าจุด A เป็นตำแหน่งบนแนวบัพเส้นแรกถัดจากเส้นกลาง

นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 62.50  
คิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 64.42  
คิดวิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### วิเคราะห์ความสำคัญ อยู่ในระดับ ดีมาก

“ ระยะห่างระหว่างสันคลื่นกับสันคลื่นที่อยู่ติดกัน คือ ความยาวคลื่นมีค่า 3 เซนติเมตร

$$\lambda = 3 \text{ cm}$$

จุด A เป็นตำแหน่งบัพเส้นแรกถัดจากเส้นกลาง แสดงว่า A อยู่บน **แนวปฏิบัพลำดับที่ 1**

แสดงว่า

$$n = 1$$

ระยะระหว่างจุด A ถึง  $S_1$  มีค่า 6 เซนติเมตร

ระยะระหว่างจุด A ถึง  $S_2$  มีค่าเท่าใด

จากการกำหนดตัวแปรตามที่โจทย์ให้มาพบว่านักเรียนสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกันได้ซึ่งก็คือ ความยาวคลื่นได้ถูกต้อง และนอกจากนี้แล้วนักเรียนยังสามารถกำหนดตัวแปรที่แทนตำแหน่งบัพเส้นแรกถัดจากเส้นกลางคือ  $n=1$  นอกจากนี้ยังกำหนดระยะห่างระหว่างจุด A ถึง  $S_1$  มีค่า 6 เซนติเมตร ถูกต้อง และกำหนดสิ่งที่โจทย์ต้องการคือ ระยะห่างระหว่างจุด A ถึง  $S_2$  ได้ถูกต้องสมบูรณ์

#### วิเคราะห์ความสัมพันธ์ อยู่ในระดับ ดีมาก

ให้หา ระยะระหว่างจุด A ถึง  $S_2$  มีค่าเท่าใด

$$\text{จากสมการ } |S_1P - S_2P| = n\lambda$$

จากการตรวจคำตอบพบว่านักเรียนสามารถกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดไว้ในรูปของสมการเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์

วิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ดีมาก

จากสมการ  $|S_1P - S_2P| = n\lambda$

$$|6 - S_2P| = 1 \times 3$$

$$S_2P = 6 - 3 = 3 \text{ cm}$$

หรือ

$$S_2P = 6 + 3 = 9 \text{ cm}$$

ดังนั้น จุด A อยู่ห่างจาก  $S_2P$  เป็นระยะ 3 เซนติเมตร หรือ 9 เซนติเมตร

จากการตรวจคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้แล้วนักเรียนสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

จากการตรวจแบบฝึกหัดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าจากการตรวจแบบฝึกหัดเรื่อง การแทรกสอดของคลื่น ข้อที่ 4 พบว่าทุกตัวบ่งชี้ของการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก ดังตัวอย่าง

$S_1$  และ  $S_2$  เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ให้เฟสตรงข้ามกันห่างกัน 10 cm ให้คลื่นมีความยาวคลื่น 4 เซนติเมตร จงหา แนวปฏิบัพและบัพที่เกิดขึ้นระหว่าง  $S_1$  และ  $S_2$

แสดงวิธีทำ

โจทย์กำหนด  $d = 10 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 4 \text{ cm}$ ,  $S_1, S_2$  มีเฟสตรงข้ามกัน

ต้องการหาลำดับสุดท้ายของการแทรกสอด ( $n$ )

ต้องการหาแนวปฏิบัพและบัพที่เกิดขึ้นระหว่าง  $S_1$  และ  $S_2$

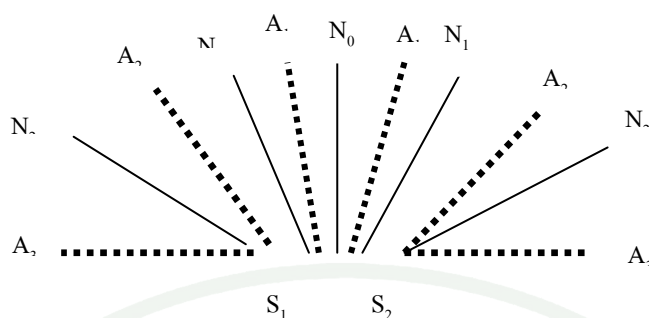
หาปฏิบัพสุดท้าย  $\theta = 90^\circ$

$$d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$10 \sin 90^\circ = \left(n - \frac{1}{2}\right) 4$$

$$\frac{10}{4} + \frac{1}{2} = n$$

$$n = 3$$



จากการคำนวณพบว่าแนวปฏิบัติที่ 3 ผ่าน  $S_1$  ,  $S_2$  พอดีไม่นับเพราะโจทย์ต้องการหาแนวปฏิบัติระหว่าง  $S_1$  ,  $S_2$

ดังนั้นระหว่าง  $S_1$  ,  $S_2$  มีแนวปฏิบัติ 4 แนว (ซ้าย 2 , ขวา 2 )

มีแนวปฏิบัติ 5 แนว (ซ้าย 2 , ขวา 2 , กลาง 1 )

จากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับดีมาก เพราะสามารถระบุตัวแปรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ นอกจากนี้แล้ว การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการได้ถูกต้องซึ่งนักเรียนต้องระมัดระวังในเรื่องของแหล่งกำเนิดสองแหล่งที่มีเฟสตรงข้ามกัน คือ  $d_{\text{sin}} = (n - \frac{1}{2})\lambda$  ถ้านักเรียนไม่ระมัดระวังอาจแทนสมการผิด และจากการคิดวิเคราะห์หลักการพบว่านักเรียนอยู่ในระดับดีมาก คือนักเรียนนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้คำตอบได้ถูกต้องนอกจากนี้แล้ว นักเรียนยังต่อ ยอดไปสู่การบอกตำแหน่งระหว่าง  $S_1$  ,  $S_2$  มีแนวปฏิบัติ 4 แนว (ซ้าย 2 , ขวา 2 ) มีแนวปฏิบัติ 5 แนว (ซ้าย 2 , ขวา 2 , กลาง 1 )

**ตารางที่ 19** ความถี่และร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์  
ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จำแนกตามตัว  
บ่งชี้ ข้อที่ 4 ก่อนเรียนเรื่อง ความร้อน และข้อที่ 4 หลังเรียน เรื่อง คลื่นกล

| ตัวบ่งชี้ความสามารถ<br>ด้านการคิดวิเคราะห์ | ก่อนการจัดการเรียนรู้ |               |               | หลังการจัดการเรียนรู้ |               |              |
|--------------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------|
|                                            | ดีมาก                 | ดี            | ควรปรับปรุง   | ดีมาก                 | ดี            | ควรปรับปรุง  |
|                                            | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |               | จำนวน<br>(ร้อยละ)     |               |              |
| 1. การวิเคราะห์<br>ความสำคัญ               | 10<br>(20.83)         | 25<br>(52.08) | 13<br>(27.09) | 35<br>(72.92)         | 10<br>(20.83) | 3<br>(6.25)  |
| 2. การวิเคราะห์<br>ความสัมพันธ์            | 6<br>(12.50)          | 20<br>(41.67) | 22<br>(45.83) | 33<br>(68.75)         | 9<br>(18.75)  | 6<br>(12.50) |
| 3. การวิเคราะห์<br>หลักการ                 | 9<br>(18.75)          | 14<br>(29.17) | 25<br>(52.08) | 32<br>(66.66)         | 8<br>(16.67)  | 8<br>(16.67) |

จากตารางที่ 19 พบว่าเมื่อทำการตรวจคำตอบของนักเรียนแล้วทำการวิเคราะห์ออกมาตาม  
ตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความ  
สัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ จากคำถามก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้  
คำถามคือ

แก๊สชนิดหนึ่งมีการควบคุมให้มีความดันคงตัว และอุณหภูมิของแก๊สถูกทำให้เพิ่มขึ้นจาก  
27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 77 องศาเซลเซียส ปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนไปจนเป็นอัตราส่วนเท่าใด  
ของปริมาตรเดิม

พบว่า นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ดี จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ  
52.08 รองลงมาคือระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 27.09 โดยนักเรียนแสดงการ  
วิเคราะห์ความสำคัญ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

**ระดับ ดี**

“ อุณหภูมิตอนแรก  $T_1 = 300\text{ K}$   
อุณหภูมิตอนหลัง  $T_2 = 350\text{ K}$   
ปริมาตรตอนแรก  $V_1 = V$   
ปริมาตรตอนหลัง  $V_2$  เป็นกี่เท่าของ  $V$  “

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมีการกำหนดตัวแปรถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์เพราะยังไม่กำหนดค่าความดันที่มีค่าคงที่ตามที่โจทย์กำหนดให้

### ระดับ ควรปรับปรุง

“ อุณหภูมิตอนแรก  $T_1 = 27 \text{ K}$   
 อุณหภูมิตอนหลัง  $T_2 = 77 \text{ K}$   
 ปริมาตรตอนแรก  $V_1 = V$   
 ปริมาตรตอนหลัง  $V_2$  เป็นที่เท่าของ  $V$  ”

จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ควรปรับปรุงเพราะระบุตัวแปร คืออุณหภูมิในหน่วยเคลวินนักเรียนไม่รวมกับ  $273 \text{ K}$  ทำให้การกำหนดค่าอุณหภูมิไม่ถูกต้องและไม่ระบุอย่างชัดเจนว่าความดันมีค่าคงตัว

นอกจากนี้แล้วยังพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 45.83 และรองลงมาคือระดับ ดี จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

### ระดับ ควรปรับปรุง

นักเรียนนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดมาเขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการดังนี้

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

จากการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาพบว่านักเรียนกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรไม่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการ

### ระดับ ดี

นักเรียนนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้มาเขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการดังนี้

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

จากการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการพบว่านักเรียนกำหนดสมการที่นำไปสู่การคำนวณถูกบางส่วน คือ มีการกำหนดความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับปริมาตร แต่ในสมการมีความดันซึ่งในโจทย์กำหนดให้ความดันคงตัวซึ่งในสมการไม่ต้องกำหนดแต่นักเรียนนำมาคิดด้วยทำให้สมการที่ได้เป็นสมการที่ทำให้เสียเวลาในการแก้โจทย์ปัญหา

นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 52.08 และรองลงมาคือ ระดับ ดี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 29.07 รายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

#### ระดับ ควรปรับปรุง

จากการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปสมการแล้วแทนค่า

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{27} = \frac{P_2}{77}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{T_2} \times T_1$$

$$P_1 = \frac{P_2}{77} \times 27$$

$$P_1 = 0.35P_2$$

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนแทนค่าตัวแปรไม่ถูกต้องซึ่งสิ่งที่โจทย์ต้องการคือปริมาตรซึ่งแทนตัวแปรคือตัว  $V$  แต่นักเรียนคำนวณหาความดันคือ  $P$  แทนทำให้ไม่ตรงกับสิ่งที่โจทย์ต้องการ

#### ระดับ ดี

จากการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปสมการแล้วแทนค่า

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{27} = \frac{V_2}{77}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{27}{77}$$

$$V_2 = \frac{27}{77} V_1$$

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนแทนค่าตัวแปรในสมการถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์คือนักเรียนไม่เปลี่ยนค่าอุณหภูมิจากหน่วยองศาเซลเซียสให้อยู่ในหน่วยเคลวิน ซึ่งส่งผลให้คำตอบไม่ถูกต้องสมบูรณ์

หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนมีการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้อยู่ในระดับดีมาก จากที่กล่าวว่า

เชือกเส้นหนึ่งยาว 3 เมตร ปลายข้างหนึ่งยึดติดกับกำแพง จับปลายอีกข้างหนึ่งสลับขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดคลื่นซึ่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่นกับสันคลื่นที่อยู่ติดกันเท่ากับ 1 เมตร จงหาว่าระหว่างปลายเส้นเชือกทั้งสองมีตำแหน่งบัพ และปฏิบัพกี่ตำแหน่ง

นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 72.92 คิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 68.75 คิดวิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 66.66 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**วิเคราะห์ความสำคัญ อยู่ในระดับ ดีมาก**

โจทย์กำหนดระยะห่างระหว่างสันคลื่น คือความยาวคลื่นมีค่าเท่ากับ 1 เมตร

$$\lambda = 1$$

ความยาวของเส้นเชือก 3 เมตร คือ

$$L = 3$$

จงหาว่าระหว่างปลายเส้นเชือกทั้งสองมีตำแหน่งบัพและปฏิบัพกี่ตำแหน่ง

จากการวิเคราะห์โจทย์ของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์

### วิเคราะห์ความสัมพันธ์ อยู่ในระดับ ดีมาก

หาจำนวน Loop ที่เกิดขึ้น จาก

$$\text{จาก } \frac{\lambda}{2} = 1 \text{ Loop}$$

$$\frac{1}{2} = 1 \text{ Loop}$$

เชือกยาว 0.5 เมตร มีจำนวน Loop เท่ากับ 1 Loop

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนกำหนดสมการที่จะนำไปสู่การหาความยาวของเชือกใน 1 Loop ได้ถูกต้องสมบูรณ์

### วิเคราะห์หลักการ อยู่ในระดับ ดีมาก

เชือกยาว 0.5 เมตร มีจำนวน Loop เท่ากับ 1 Loop

ถ้าเชือกยาว 3 เมตร มีจำนวน Loop เท่ากับ

$$\frac{3}{0.5} = 6 \text{ Loop}$$

ดังนั้นเชือกยาว 3 เมตร มีจำนวน 6 Loop

ระหว่างปลายทั้งสองมีตำแหน่งบัพ 5 ตำแหน่ง และตำแหน่ง ปฏิบัพ 6 ตำแหน่ง ”

จากคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับการหาความยาวใน 1 Loop = 0.5 m มาใช้เพื่อหาว่าถ้าเชือกยาว 3 เมตรแล้วจะเกิดคลื่นนิ่งคือ 6 Loop หลังจากนั้นนักเรียนยังระบุตำแหน่งบัพและ ปฏิบัพได้ถูกต้อง

จากการตรวจแบบฝึกหัดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าจากการตรวจแบบฝึกหัดเรื่อง คลื่นนิ่ง ข้อที่ 2 พบว่าทุกตัวบ่งชี้ของการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก ดังตัวอย่าง

ช่องเดี่ยวเปิดกว้าง 8 เซนติเมตร ให้คลื่นหน้าตรงมีความยาวคลื่น 2 เซนติเมตร เคลื่อนที่ผ่านจงหาแนวบัพที่เกิดขึ้นทั้งหมด

แสดงวิธีทำ

โจทย์กำหนด ความกว้างของช่องเปิด  $d = 8 \text{ cm}$

ความยาวคลื่น  $\lambda = 2 \text{ cm}$

ต้องการหา แนวนับที่เกิดขึ้นทั้งหมด  $n$

แสดงว่าแนวนับสุดท้ายเบนจากแนวกลางทำมุม  $\theta = 90^\circ$

จาก  $d \sin \theta = n \lambda$

$$8 \text{ cm} \times 1 = 2 \text{ cm } n$$

$$n = 4$$

ดังนั้นแนวนับที่เกิดขึ้นทั้งหมดมี 8 แนว คือ ซ้าย 4 แนว ขวา 4 แนว

จากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญอยู่ในระดับดีมากเพราะสามารถระบุตัวแปรครบทุกตัวแปรที่นำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง นอกจากนี้แล้วการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนมีการเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในรูปสมการ คือ  $d \sin \theta = n \lambda$  และจากการคิดวิเคราะห์หลักการพบว่านักเรียนอยู่ในระดับดีมาก คือนักเรียนนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้คำตอบได้ถูกต้องนอกจากนี้แล้วนักเรียนยังต่อขยายไปสู่การบอกแนวนับที่เกิดขึ้นทั้งหมดมี 8 แนว คือ ซ้าย 4 แนว ขวา 4 แนว

ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ ของนักเรียนได้โดยนักเรียนสามารถ แยกแยะได้ว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดคือสิ่งใดมีความสำคัญมากน้อยเพียงใด และนำสิ่งที่ได้จากการแยกแยะมาสร้างความสัมพันธ์โดยการเชื่อมโยงแนวคิดหลายแนวคิดในรูปของสมการเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แบบฝึกหัดที่นักเรียนทำหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกกิจกรรม

จากการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ โดยนักเรียนสามารถระบุได้ว่าสิ่งโจทย์กำหนดให้มีแนวคิดอะไรบ้างแล้วแนวคิดหลายแนวคิดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดแล้วนำมาเชื่อมโยงเพื่อนำไปสู่หลักการในการหาคำตอบ

จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่าคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง รองลงมา ระดับ ดี และน้อยสุดคือ ระดับ ดีมาก ในด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการ แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ พบว่าคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก ในทุกตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ อาจเป็นเพราะก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนมีโอกาสดำรงมือปฏิบัติและค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองน้อยเกินไปทำให้ไม่สามารถจำแนกแยกแยะข้อมูลหรือหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นว่าอาศัยหลักการใดในการเชื่อมโยง แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ (5E) ทั้ง 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมิน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง โดยครูผู้สอนคอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสืบค้นด้วยตนเอง ได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัย พยายามหาข้อสรุปทำให้นักเรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบ จนนำไปสู่การคิดวิเคราะห์ได้ ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ Eggen and Kauchak (1997 อ้างใน ปิยะรัตน์ คัญทัพ, 2545) ที่กล่าวว่า “การสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนากระบวนการคิด และทักษะการคิดขั้นสูงมากกว่าที่จะทำให้เกิดความเข้าใจอย่างลุ่มลึกในเนื้อหาที่เรียน” ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะกล้าคิด กล้าถาม กล้าแสดงออก ฟังคำอธิบายของเพื่อนๆ อย่างพินิจพิจารณา และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนๆ อย่างอิสระ

เมื่อวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทั้ง 5 ขั้น พบว่า ในขั้นสร้างความสนใจเป็นการจัดการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน โดยครูใช้สื่อการทดลองเสมือนจริง ใช้วิธีการสาธิต ใช้ คลิปวิดีโอ ใช้คำถาม หรือ กำหนดสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนสังเกต เปรียบเทียบสิ่งที่ครูสร้างขึ้นกับความรู้เดิมของนักเรียน นักเรียนต้องร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตัวแปรที่เป็นสาเหตุหรือเป็นผลของเรื่องราวในสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อกำหนดประเด็นในการสืบค้นต่อไป ขั้นสำรวจและค้นหาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มจากการลงมือปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ได้แสดงความคิดเห็นร่วมกันภายในกลุ่ม ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียนจะเกิดขึ้นตลอดเวลาในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม ครูจะใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่นักเรียนศึกษา สำหรับขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนจะได้พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา โดยนำผลการค้นคว้ามาอภิปราย และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรแล้วสรุปเป็นหลักการ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้

ร่วมกันอภิปรายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด และเขียนความสัมพันธ์ออกมาในรูปของสูตรหรือสมการได้อย่างไร ส่วนขั้นขยายความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนจะได้ขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจจากขั้นอธิบายและลงข้อสรุป โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดถึงความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์อื่นๆ ขั้นประเมิน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับวิธีการเรียนและความรู้ความเข้าใจของตนเอง โดยครูประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร ซึ่งจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ต่อไป จะเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นั้นได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ให้กับนักเรียนทั้งด้านการวิเคราะห์ ความสำคัญ การวิเคราะห์ความ สัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุบล อรรคแสง (2553) และนริศรา จันทนาม (2553) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สอดแทรกกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ถึง 8 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งได้สอดแทรกคำถามที่เน้นการคิดวิเคราะห์ไว้ในแบบฝึกหัดต่างๆ ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 8 เรื่อง คือ การจำแนกคลื่น คลื่นผิวน้ำ การซ้อนทับของคลื่น การสะท้อนของคลื่น การหักเหของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น คลื่นนิ่ง และการเลี้ยวเบนของคลื่น ผู้วิจัยมีความเชื่อว่าปัจจัยต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมานี้ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาให้สูงขึ้น สอดคล้องกับที่ วารุณี จินดาศรี (2549) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสอดแทรกกิจกรรมการคิดวิเคราะห์เข้าไปในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ แล้วพบว่านักเรียน มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยของ สิริพัทธ์ วงศ์วัฒนะ (2545) เวียงชัย อติรัตนวงษ์ (2553) และ Shephard (1998) ก็พบว่าเมื่อผู้สอนใช้รูปแบบการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสมจะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถตามที่ผู้สอนต้องการพัฒนาได้ จากที่กล่าวมานี้ สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะช่วยพัฒนาทักษะพื้นฐานที่เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โรงเรียนในสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 นั้น มีวัตถุประสงค์การวิจัยคือ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียน เรื่อง คลื่นกล ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 48 คน เป็นนักเรียนชาย 22 คน นักเรียนหญิง 26 คน มีอายุระหว่าง 16-17 ปี ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีลักษณะดังนี้ 1) เรียนวิชาฟิสิกส์ แบบท่องจำ ไม่สามารถอธิบายหรือยกตัวอย่างแนวคิดของเรื่องที่เรียนตามความเข้าใจของตนเอง ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆที่กำหนดให้ได้ รวมทั้งยังไม่สามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนมาใช้ในชีวิตประจำวันของตนเองได้ 2) จากการตรวจแบบฝึกหัดแบบอัตโนมัติของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาพบว่า นักเรียนไม่สามารถระบุตัวแปรเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ นักเรียนไม่สามารถนำตัวแปรที่ได้มาเชื่อมโยงเป็นสมการเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ นอกจากนี้แล้วนักเรียนยังไม่สามารถนำตัวแปรที่ได้จากโจทย์ไปใช้ในการแก้ปัญหาและแสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง 3) นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีนักเรียนชายและนักเรียนหญิงละกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งเก่า ปานกลาง และอ่อนในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งศึกษาจากข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 นำกลุ่มที่ศึกษามาจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล โดยใช้ระยะเวลา 16 คาบ คาบละ 50 นาที เนื้อหาประกอบด้วยเรื่องการจำแนกคลื่น คลื่นผิวหน้า การซ้อนทับของคลื่น การสะท้อนของคลื่น การหักเหของคลื่น การแทรกสอดของคลื่น คลื่นนิ่งและการเลี้ยวเบนของคลื่น

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ความร้อน แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบฝึกหัด

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง ความร้อน นำคำตอบจากแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ไปวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มคำตอบ จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง คลื่นกล ให้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง แล้วบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ทุกคาบ สำหรับนักเรียนจะทำแบบฝึกหัดท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และเขียนบันทึกอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองเมื่อเรียนจบแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้วให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล เพื่อนำผลการจัดกลุ่มคำตอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาเปรียบเทียบกัน

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) วิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ที่สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยคัดลอกข้อความจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ที่นักเรียนเขียนออกมาสะท้อนให้เห็นถึงสิ่งที่เรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาตีความและจัดกลุ่มและใช้ข้อมูลจากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูมาร่วมประกอบการนำเสนอ 2) วิเคราะห์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จาก แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนเรื่องความร้อน และหลังเรียนเรื่อง คลื่นกล โดยวิเคราะห์เนื้อหาจากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดเป็นรายชื่อ อ่านคำตอบหรือคำอธิบายของนักเรียนในแต่ละข้ออย่างละเอียด แล้วตีความและจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบเหมือนกัน ซึ่งสามารถจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ คิดวิเคราะห์ความสำคัญ คิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และคิดวิเคราะห์หลักการ โดยแต่ละตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดแบ่งเป็น 3 กลุ่มคำตอบ คือ ระดับ ดีมาก ระดับดี ระดับ ควรปรับปรุง จากนั้นคำนวณหาค่าความถี่และค่าร้อยละของจำนวนคำตอบในแต่ละกลุ่มคำตอบ

### สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลื่นกล ที่สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้ 1) ขึ้นสร้างความสนใจ ควรมีการใช้สื่อการทดลองเสมือนจริง ครูควรสาธิตการทำกิจกรรม และมีการจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มี

ส่วนร่วมเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน 2) ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และขั้นขยายความรู้ ควรเป็นกิจกรรมที่เน้นการทำงานกลุ่ม มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอผลการทำกิจกรรม และการใช้คำถาม เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันกันระหว่างครูกับนักเรียนและระหว่างนักเรียนกับนักเรียนด้วยกัน 3) ขั้นประเมิน ควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วม และถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น

เมื่อพิจารณาแนวการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้น พบว่าแนวทางที่นักเรียนเขียนสะท้อนให้เห็นว่าเป็นแนวทางที่ทำให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากที่สุดนั้นสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น ครูจะเป็นผู้สร้างสถานการณ์ หรือ ใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เพื่อให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลในสถานการณ์ที่คลุมเครือและระบุประเด็นปัญหาร่วมกัน หลังจากนั้นนักเรียนทำการวางแผนแนวทางในการศึกษาค้นคว้า จนสามารถแก้ปัญหาหรือค้นพบคำตอบของปัญหานั้นด้วยตนเอง ในกระบวนการสืบเสาะของนักเรียนตั้งแต่เริ่มศึกษาปัญหามันกระทั่งค้นพบคำตอบของปัญหานั้น ครูจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเหลือ และคอยอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน นอกจากนี้แล้วครูต้องถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนการศึกษาค้นคว้าร่วมกัน ชี้นำให้นักเรียนพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากแหล่งต่างๆ รวมทั้งการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นๆ ต่อไป

2. ผลการศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ โดยพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ที่ตอบคำถามตามตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการคิดวิเคราะห์หลักการอยู่ในระดับคำตอบ ควรปรับปรุง แต่หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มคำตอบอยู่ในระดับ ดีมาก ในทุกตัวบ่งชี้ของความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ทั้งนี้เพราะว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ (SE) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง โดยครูผู้สอนคอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสืบค้นด้วยตนเอง ได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัย พยายามหาข้อสรุปทำให้นักเรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบ จนนำไปสู่การคิดวิเคราะห์ได้ เมื่อวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะพบว่าในขั้นสร้างความสนใจ ครูควรจัด

กิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมมีการสาธิตการทำกิจกรรม หรือนำสื่อเสมือนจริงมาใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจ

นอกจากนี้แล้วครูควรใช้คำถามหรือกำหนดสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนสังเกต เปรียบเทียบ สิ่งที่ครูสร้างขึ้นกับความรู้เดิมของนักเรียน และนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตัวแปรที่เป็นสาเหตุ หรือเป็นผลของเรื่องราวในสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อกำหนดประเด็นในการสืบค้นต่อไป ขั้นสำรวจและค้นหาครูควรสาธิตการทำกิจกรรมเพื่อกระตุ้นความสนใจใคร่รู้ของนักเรียน ครูใช้คำถาม เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา นักเรียนทำกิจกรรม การทดลองร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนแต่ละคนได้แสดงความคิดเห็น และได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ทำให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน ในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรม ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป ครูใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นหลักการ ขันขยายความรู้ ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดถึงเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์อื่นๆ และขึ้นประเมิน ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนโดยวิธีการประเมินที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน นักเรียนรับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับวิธีการเรียนและความรู้ความเข้าใจของตนเองและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ต่อไป จึงกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะ หากความรู้ทั้ง 5 ขั้นนี้ ช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ตามตัวบ่งชี้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ ด้วยปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาจึงส่งผลให้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาสูงขึ้นหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ครูควรเปิดใจกว้างรับฟังความคิดของนักเรียน และเปิดโอกาสและให้เวลากับนักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าอย่างเต็มที่เพราะจะทำให้ให้นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์มากขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จะประสบผลสำเร็จได้ด้วยดีนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างด้วยกัน ได้แก่ ครูต้องมีเทคนิคการตั้งคำถามที่หลากหลาย นักเรียนต้องมียุทธศาสตร์ที่เหมาะสมในการเอื้ออำนวยในการสืบค้นอย่างเหมาะสม

3. ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมได้ลงมือทำการทดลองด้วยตนเองเพื่อให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอื่นๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเสริมการคิดเชิงวิเคราะห์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เป็นต้น

2. ควรมีการศึกษาค้นคว้าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้กับตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ความคงทนของการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. ในการทำวิจัยครั้งนี้พบว่ามีปัญหาในเรื่องของเวลาในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้มากเกินไปเช่นขั้นสร้างความสนใจควรมีการสั่งให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้ามาก่อนที่จะจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปเพื่อลดระยะเวลาและขั้นประเมินครูควรให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นการบ้าน

4. ในการทำวิจัยครั้งนี้พบว่าองค์ประกอบในการคิดวิเคราะห์บางองค์ประกอบยังพัฒนาได้ไม่ดีเท่าที่ควรเพราะนักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหลายแนวคิดได้ ดังนั้นครูผู้สอนอาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนเทคนิคการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ครูอาจใช้โครงงานเข้ามาช่วยเพื่อให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ หรืออาจใช้เทคนิคการใช้ปัญหาเป็นฐานเข้ามาช่วย เป็นต้น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2546. การคิดเชิงวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร: ชัคเชสมิเดีย.

เกษม สาทิตย์ทิพย์. 2539. การวัดผลการศึกษาและทฤษฎีการทดสอบ. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

คณะศึกษานิเทศก์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษาสำนักเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1. 2549. ความหมายและธรรมชาติของสืบเสาะหาความรู้ (Online). [www.mkarea1.go.th/edu\\_science.htm](http://www.mkarea1.go.th/edu_science.htm), 20 เมษายน 2554.

จริยา เสถบุตร. 2522. การวัดและประเมินผลการศึกษา. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชาย โพธิ์สีดา. 2549. ศาสตร์และศิลป์แห่งการวิจัยเชิงคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: อัมรินทร์พรินติ้ง.

ทิสนา แจมณี. 2544. วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.

ทัศนีย์ บุญเดิม และ วรณจรรย์ มั่งสิงห์. 2548. นวัตกรรมการสอน : ข้อค้นพบจากงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นริศรา จันทะนาม. 2553. การศึกษาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารในชีวิตประจำวันโดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle). วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญเชิด ภิญโญนันต์พงษ์. 2527. การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

บุญชม ศรีสะอาด. 2543. การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

บัวลอย อุ๋นนันทาศ. 2550. ความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียน  
วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการคิดเชิงวิเคราะห์.  
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เบญจมาศ เกตุแก้ว. 2548. การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.  
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัย  
ขอนแก่น.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. 2553. การพัฒนาการคิด. กรุงเทพมหานคร: เทคนิคพรินต์.

\_\_\_\_\_. 2556. การพัฒนาการคิด. กรุงเทพมหานคร: เทคนิคพรินต์.

ผดุงยศ ดวงมาลา. 2528. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: ไมตรีสาส์นการพิมพ์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2530. การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพมหานคร:  
สำนักทดสอบทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พิตร ทองซัน. 2524. หลักการวัดผล. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2544. การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิค  
การสอน 1. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

\_\_\_\_\_. 2550. ทักษะ 5E เพื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนสอนแบบบูรณาการ.  
พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพรินทร์ เหมบุตร. 2549. การใช้สื่อการสอน. (Online). [http://rs,kpp 1 e d s, org/~pairin/work](http://rs.kpp1eds.org/~pairin/work),  
สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2555.

เพ็ญสุตา แจ่มกลาง. 2550. การพัฒนาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นกล โดยใช้การเรียนรู้แบบวัฏจักร 5E ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเดชอุดมสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานีเขต 5. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏราชภัฏอุบลราชธานี.

ภพ เลหาไพบูลย์. 2542. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทรธรา โต๊ะบุรินทร์. 2543. การใช้กระบวนการผลิตละครเวทีที่มีผลต่อการเพิ่มทักษะการคิดวิจารณ์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. 2522. หลักการวัดผลและประเมินผลทางการศึกษา. ของแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เขาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552. การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลาวรรณ โสมแพน. 2550. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์. สารานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2539. เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: ชมรมเด็ก.

ลัดดาวัลย์ กันหสุวรรณ. 2546. “ลูกโซ่ของการเรียนรู้กระบวนการ อินโฟวรี” การศึกษาวิจัย คณิตและเทคโนโลยี.

วีรยุทธ วิเชียรโชติ. 2548. การเรียนการสอนแบบอารยวิถีในกระบวนการวิธีสืบสวน-สอบสวน. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และ ดารณี คำวังนี้. 2544. สอนเด็กให้คิดเป็น. กรุงเทพมหานคร: ก.พล.

ศิลา สงอาจินต์. 2551. ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2551. การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ. (Online).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2548. การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สายพิน มาวรณ. 2551. ผลการใช้แผนผังมโนทัศน์ประกอบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการนำเสนอ ผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

สาขาชีววิทยาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2549. เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง. สาขาชีววิทยา. (อัคราณา)

สาวิตรี เครือใหญ่. 2548. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และความคิดวิจารณ์ญาณในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้กับการสอนที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 2540. เอกสารการสอนชุดวิชา การพัฒนาแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยที่ 8-15. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

สุรางค์ จันทวานิช. 2552. **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาพร ไชยวงศ์. 2552. **ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนตลอดหลักสูตรกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขารณสุขศาสตร์ (ทันตสาธารณสุข) รุ่นที่ 13 วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดพิษณุโลก**. งานวิจัยรับทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร.

สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531. **ทฤษฎีและแนวการปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุคส์เซ็นเตอร์.

สุวิทย์ มูลคำ. 2547. **กลยุทธ์ การสอนคิดวิเคราะห์**. กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์

\_\_\_\_\_. 2550. **กลยุทธ์ การสอนคิดวิเคราะห์**. กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์.

อรัญญา สถิตไพบูลย์. 2550. **การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อุบล อรรคแสง. 2553. **การพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อำพร ศิริกันทา. 2549. **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวของเรเลนกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Allen, M.J. and W.M. Yen. 1979. **Introduction to Measurement Theory**. Monterey, Cal.: Brooks/Cole Publishing Company.

Bloom, B.S. 1976. **Taxonomy of Education Objectives. Handbook I : Cognitive Domain**. New York: David McKay Company.

Budnitz, N. 2003. **What do we mean by inquiry?**. (Online). [www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what\\_is\\_inquiry.htm](http://www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what_is_inquiry.htm), April 9, 2010.

Carin, A. and R.B. Sunol. 1975. **Teaching science through discovery**. 3rd ed. Ohio: Bell Howell.

Eggen, P. and D. Kauchak. 1996. **Strategies for Teacher: Teaching Content and Thinking Skills**. 3rd Edition. USA.: Allyn and Bacon.

Eisenkraft, A. 2003. "Expanding the 5E Model". **The Science Teacher**, 70(6): 56–59.

Massialas, B.G. and C.B. Cox. 1966. **Inquiry in social study**. New York: McGraw – Hill.

Miles, M. B., and A.M. Huberman. 1994. **Qualitative data analysis**. 2<sup>nd</sup> ed. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Marzano, R.J. 2001. **Designing a New Taxonomy of Educational Objectives**. California: Corwin Press, Inc.

National Research Council. 1996. **National science education standards**. Washington DC: National Academy Press.

\_\_\_\_\_. 2000. **Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning**. Washington, D.C.: National Academy Press.

Richard J. H. Jr. 1999. **Psychology of Intelligence Analysis**. Center for the Study of Intelligence.

Sandra, K.A. 2002. **“Essential Elements of Inquiry-Based Science and Its Connection to Generative and Authoritative Student Discourse”**. American Educational Research Association.

Thorndike and Elizabeth Hagen. 1969. **Measurement and Evaluation in Psychology and Education by Robert L.** 3rd ed. New York: Wiley.

Welch. 1981. **“Inquiry in School Science in What Research Says to the Science Teacher”**. Washington, D.C.: National Science Teachers Association.

Wu, H. and C. Hsieh. 2006. “Developing sixth grades’ inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments”. **International Journal of Science Education** 28(11): 1289-1313.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

## รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้, แบบฝึกหัด, แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้, อนุทินสะท้อนการเรียนรู้

### 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา

จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะ  
ศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### 2. อาจารย์อภิชญา จันทระเสริฐ

จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะ  
ศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### 3. อาจารย์สุชาดา ศรีศกุน

จบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ปัจจุบันเป็นอาจารย์สอนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตแห่ง  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ความร้อนและแบบวัดหลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล**

**1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา**

จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะ  
ศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. อาจารย์อภิษฐา จันทประเสริฐ**

จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะ  
ศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**3. อาจารย์สุชาดา ศรีศกุน**

จบการศึกษาระดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ปัจจุบันเป็นอาจารย์สอนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตแห่ง  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

## แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

### แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

**คำชี้แจง** ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องแสดงผลการประเมินของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงต่อไป โดยตัวเลขในช่องประเมินมีความหมายดังนี้

+ 1 หมายถึง เห็นด้วย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

| รายการประเมิน                                                                                                 | ผลการประเมิน |   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|----|
|                                                                                                               | +1           | 0 | -1 |
| 1. สารสำคัญ ตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องซึ่งกันและกัน                                              |              |   |    |
| 2. สารสำคัญมีความชัดเจนและครอบคลุมเนื้อหาสาระ                                                                 |              |   |    |
| 3. ผลการเรียนรู้ (Learning outcome) มีการพัฒนานักเรียนทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ                  |              |   |    |
| 4. มีการสอดแทรกการคิดวิเคราะห์ไว้ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ อย่างชัดเจน                                    |              |   |    |
| 5. มีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถทางด้านการคิดวิเคราะห์                              |              |   |    |
| 6. สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ                                      |              |   |    |
| 7. สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์                                |              |   |    |
| 8. มีการวัดผลและประเมินผลที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการและเจตคติ                                   |              |   |    |
| 9. มีการวัดและประเมินผลที่เหมาะสมกับขั้นตอนและกระบวนการจัดการเรียนรู้                                         |              |   |    |
| 10. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ |              |   |    |

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....





## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

วิชา ฟิสิกส์ (ว 32213)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล

ภาคเรียนที่ 2/2556

เรื่อง การหักเหของคลื่น

จำนวน 2 คาบ

## 1. มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 : เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ที่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

- 1) ว 5.1 ม.4-6/1 ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น
- 2) ว 8.1 ม.4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

## 2. สาระสำคัญ

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด คลื่นจะเกิดการหักเห โดยทิศทางของการเคลื่อนที่จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงก็ได้ ความยาวคลื่นจะเปลี่ยนไป โดยที่ความถี่คงที่และเมื่อคลื่นเกิดการหักเห อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห เท่ากับ อัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับความยาวคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

มุมวิกฤต คือ มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหของคลื่นมีค่าเท่ากับ  $90^\circ$

การสะท้อนกลับหมด คือ เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากจากบริเวณน้ำตื้นไปสู่บริเวณน้ำลึกแล้ว คลื่นเกิดการหักเห โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหเบนออกจากเส้นแนวฉากถ้ามุมตกกระทบ โตกว่ามุมวิกฤตจะเกิดการสะท้อนกลับหมดของคลื่นกลับมายังตัวกลางเดิม

### 3. ผลการเรียนรู้

- 1) ทดลองและสังเกตการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ความยาวคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นไปสู่บริเวณน้ำลึก (P)
- 2) อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น ในกรณีหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับผิวรอยต่อ และกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง(K)
- 3) สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบ ไซน์ของมุมหักเห อัตราเร็วของคลื่นตกกระทบและอัตราเร็วของคลื่นหักเห ความยาวคลื่นตกกระทบ และความยาวคลื่นหักเห และนำความสัมพันธ์นี้ไปแก้ปัญหาที่กำหนดได้ (K)
- 4) อธิบายความหมายและแก้ปัญหาเกี่ยวกับมุมวิกฤตได้ (K)
- 5) อธิบายความหมายและแก้ปัญหาเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมดของคลื่นได้ (K)
- 6) รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น (A)

### 4. กระบวนการจัดการเรียนรู้

#### ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เวลา 10 นาที

ครูนำคลิปการหักเหของคลื่นให้นักเรียนสังเกตแล้วถามคำถาม

<http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/284/6/wave/refraction.html>

นักเรียนยกตัวอย่างลักษณะที่คล้ายกับการหักเหของคลื่นที่คล้ายกับคลิปวิดีโอ (เช่น การหักเหของหลอดกาแฟที่อยู่ในแก้วน้ำ)

จากคลิปวิดีโอ นักเรียนสังเกตเห็นลักษณะของน้ำเป็นอย่างไร (น้ำที่เห็นมี 2 บริเวณ คือ บริเวณที่เป็นน้ำลึก และ บริเวณที่เป็นน้ำตื้น)

จากคลิปวิดีโอ นักเรียนสังเกตเห็นลักษณะของคลื่นเป็นอย่างไร (มีคลื่นตกกระทบและมีคลื่นหักเห เกิดขึ้นในตัวกลางที่ 1 คือ บริเวณน้ำลึก และ ตัวกลางที่ 2 คือ บริเวณน้ำตื้น)

นักเรียนคิดว่าการหักเหคืออะไร (การเคลื่อนที่ของคลื่นจากตัวกลางที่ 1 ไปยังตัวกลางที่ 2 )

มีลักษณะเป็นอย่างไร (เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางที่ 1 ไปยังตัวกลางที่ 2 ระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นจะเปลี่ยนไป และอัตราเร็วคลื่นจะเปลี่ยนไปด้วย)

นักเรียนคิดว่าถ้าเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกำเนิดทิศทางของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย)

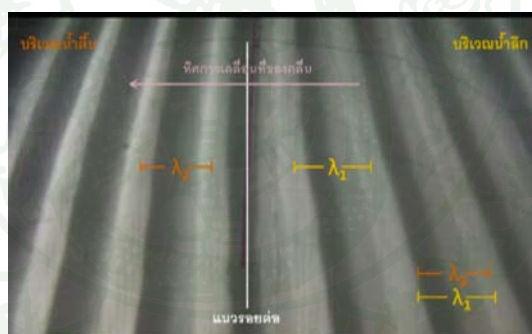
### สำรวจและค้นหา (Exploration) เวลา 40 นาที

1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม 7 กลุ่ม กลุ่มละ 6-7 คนเพื่อร่วมกันทำใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น แล้วบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น

ขณะปฏิบัติกิจกรรมครูถามคำถามนักเรียนว่าน้ำที่มีความลึกแตกต่างกันถือว่าเป็นตัวกลางชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด (ไม่ถือว่าเป็นตัวกลางต่างชนิดกัน เพราะน้ำจาก 2 บริเวณมีระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นต่างกัน และ อัตราเร็วของคลื่นต่างกัน)

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำลึกและเขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ

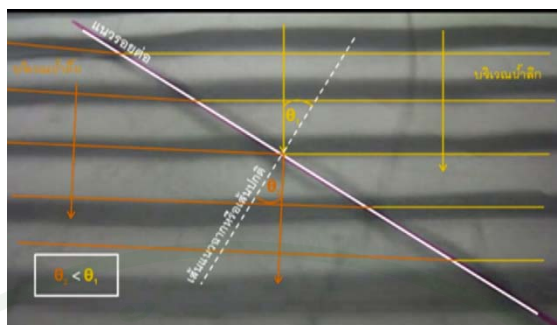
(ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และ ความยาวคลื่นลดลง)



ภาพผนวกที่ 1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหเมื่อหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับแนวรอยต่อ

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำลึกและเขตน้ำตื้น ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ความยาวคลื่น และมุมหักเห เปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ

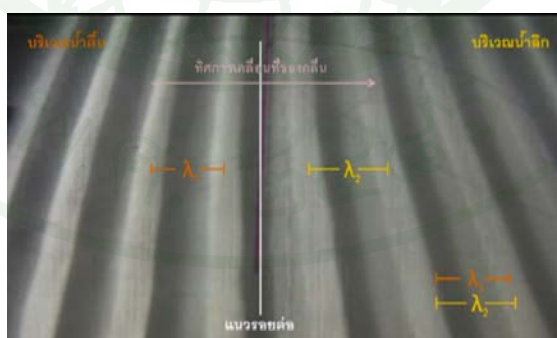
(ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหจะเปลี่ยนแปลงไปจากแนวเดิม และ ความยาวคลื่นลดลง มุมหักเหเล็กกว่ามุมตกกระทบ)



ภาพผนวกที่ 2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหเมื่อน้ำคลื่นตกกระทบทำมุมกับแนวรอยต่อ

จากการทดลองนักเรียนสังเกตเห็นคลื่นน้ำมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางน้ำลึกและน้ำตื้น ลักษณะของน้ำคลื่นเป็นอย่างไร (เมื่อน้ำคลื่นตกกระทบที่ผิวรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้นแล้ว น้ำคลื่นจะหักเหหลุดไปยังตัวกลางที่สอง)

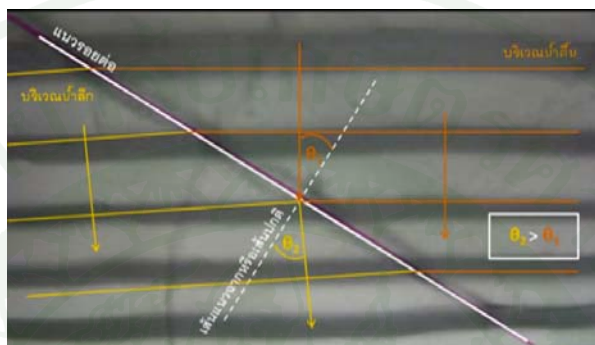
เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำตื้นและเขตน้ำลึก ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ (ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และ ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น)



ภาพผนวกที่ 3 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหเมื่อน้ำคลื่นตกกระทบขนานกับแนวรอยต่อ

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำตื้นและเขตน้ำลึก ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบบำมุมนกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ความยาวคลื่น และมุมหักเห เปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ

(ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหจะเปลี่ยนแปลงไปจากแนวเดิม และ ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น มุมหักเหโตกว่ามุมตกกระทบ)



ภาพผนวกที่ 4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบบและคลื่นหักเหเมื่อหน้าคลื่นตกกระทบบทำมุมกับแนวรอยต่อ

จากการทดลองนักเรียนสังเกตเห็นคลื่นน้ำมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางน้ำตื้นและน้ำลึก ลักษณะของหน้าคลื่นเป็นอย่างไร (เมื่อหน้าคลื่นตกกระทบบที่ผิวรอยต่อระหว่างน้ำตื้นและน้ำลึก แล้ว หน้าคลื่นจะหักเหเคลื่อนที่ไปยังตัวกลางที่สอง)

จากการทดลองนักเรียนสังเกตเห็นคลื่นน้ำมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางน้ำตื้นและน้ำลึก ความถี่ของคลื่นมีลักษณะเป็นอย่างไร (คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

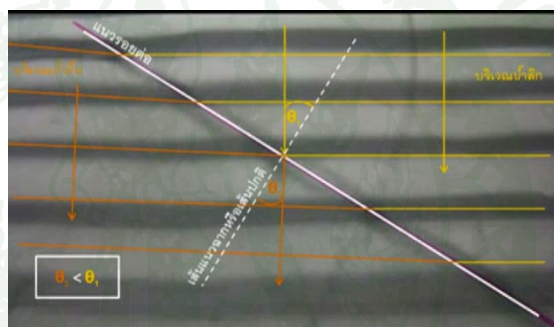
จากการทดลองนักเรียนสังเกตเห็นคลื่นน้ำมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางน้ำตื้นและน้ำลึก ความยาวของคลื่นมีลักษณะเป็นอย่างไร (เพิ่มขึ้น)

จากการทดลองนักเรียนสังเกตเห็นคลื่นน้ำมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางน้ำตื้นและน้ำลึก ความเร็วของคลื่นมีลักษณะเป็นอย่างไร (เพิ่มขึ้น จาก  $v = f\lambda$  เมื่อ ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความถี่คงที่จากสมการจะส่งผลต่อ  $v$  จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น)

### ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เวลา 60 นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอผลการทำใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น หน้าชั้นเรียนในขณะที่นักเรียนนำเสนอ ครูถามคำถาม

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของคลื่นจากบริเวณน้ำลึกไปยังน้ำตื้นลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นเป็นอย่างไร พร้อมรูปภาพ(เมื่อคลื่นตกกระทบที่ผิวรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้นแล้วคลื่นจะเกิดการหักเหเข้าไปในตัวกลางใหม่โดยคลื่นหักเหจะเบนไปจากเดิม ซึ่งมุมหักเหจะมีขนาดเล็กกว่ามุมตกกระทบ )

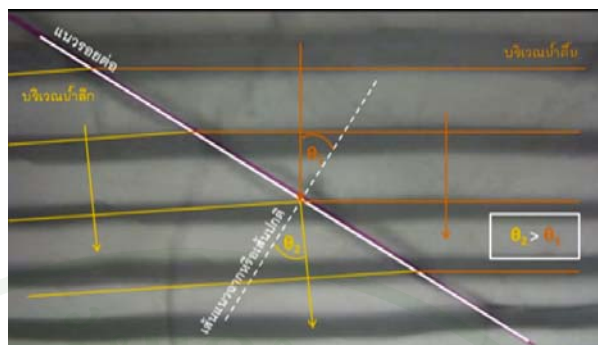


ภาพผนวกที่ 5 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหจากบริเวณน้ำลึกไปยังบริเวณน้ำตื้น

จากการทดลองลักษณะของระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่อยู่ติดกัน หรือ ความยาวคลื่น มีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมรูปภาพ (ทดลอง)

จากการทดลองอัตราเร็วคลื่น มีลักษณะเป็นอย่างไร (ทดลอง จาก  $v = f\lambda$  เมื่อ ความยาวคลื่นลดลงในขณะที่ความถี่คงที่จากสมการจะส่งผลต่อ  $v$  จะมีแนวโน้มลดลง)

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของคลื่นจากบริเวณน้ำตื้นไปยังน้ำลึก ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นเป็นอย่างไร พร้อมรูปภาพ (เมื่อคลื่นตกกระทบที่ผิวรอยต่อระหว่างน้ำตื้นและน้ำลึกแล้วคลื่นจะเกิดการหักเหเข้าไปในตัวกลางใหม่โดยคลื่นหักเหจะเบนไปจากเดิม ซึ่งมุมหักเหจะมีขนาดใหญ่กว่ามุมตกกระทบ )



ภาพผนวกที่ 6 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหจากบริเวณน้ำตื้นไปยังบริเวณน้ำลึก

จากการทดลองลักษณะของระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่อยู่ติดกัน หรือ ความยาวคลื่น มีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมรูปภาพ (เพิ่มขึ้น)

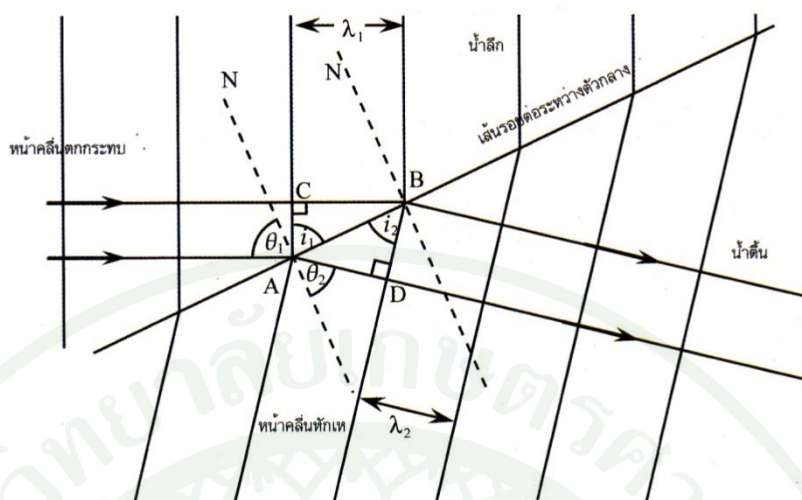
จากการทดลองอัตราเร็วคลื่น มีลักษณะเป็นอย่างไร (เพิ่มขึ้น)

จากการทดลองนักเรียนสรุปการหักเหของคลื่นได้อย่างไร (เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางสองชนิด คลื่นจะเกิดการหักเห ทิศทางของการเคลื่อนที่จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เปลี่ยนแปลงก็ได้ ความยาวคลื่นจะเปลี่ยนไป ความเร็วคลื่นเปลี่ยนไป โดยความถี่คงที่)

ทิศทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอะไร (ขึ้นอยู่กับหน้าคลื่นตกกระทบถ้าขนานกับรอยต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าหน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหจะมีทิศทางเปลี่ยนแปลง)

ครูนำอภิปรายปรากฏการณ์ที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่มีสมบัติต่างกัน และมีอัตราเร็วของคลื่นเปลี่ยนไป เรียกว่าเกิดปรากฏการณ์ใด (เกิดการหักเห refraction)

และคลื่นที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางไป เรียกว่าอะไร (คลื่นหักเห refracted wave)



ภาพผนวกที่ 7 แสดงการหักเหของคลื่น

จากรูป หน้าคลื่นตกกระทบทำมุม  $i_1$  กับเส้นใด (เส้นรอยต่อ) และหน้าคลื่นของคลื่นหักเหทำมุม  $i_2$  กับเส้นใด (เส้นรอยต่อ)

จากรูป ให้  $N$  เป็นเส้นแนวฉาก ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบจะทำมุม  $\theta_1$  กับเส้นใด (เส้นแนวฉาก) เรียกว่ามุมอะไร (มุมตกกระทบ  $\theta_1$  ซึ่งจำได้ว่า  $\theta_1 = i_1$  เสมอ)

ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหจะทำมุม  $\theta_2$  กับเส้นใด (เส้นแนวฉาก) เรียกว่ามุมอะไร (มุมหักเห *angle of refraction* ซึ่งจำได้ว่า  $\theta_2 = i_2$  เสมอ)

จากรูป ระยะ  $BC$  คืออะไร (ความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึก  $\lambda_1$ )

ระยะ  $AD$  คืออะไร (ความยาวคลื่นในบริเวณน้ำตื้น  $\lambda_2$ )

จากความรู้ทางคณิตศาสตร์จะได้ว่า

$$\sin i_1 = \frac{BC}{AB} = \frac{\lambda_1}{AB}$$

$$\sin i_2 = \frac{AD}{AB} = \frac{\lambda_2}{AB}$$

ดังนั้น

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\frac{\lambda_1}{AB}}{\frac{\lambda_2}{AB}}$$

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

ซึ่งจะได้ว่า

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

ถ้าให้  $v_1$  เป็นอัตราเร็วคลื่นในน้ำลึก

$v_2$  เป็นอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น

จากคลื่นในน้ำลึกและน้ำตื้นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเดียวกันทำให้ปริมาณใดเท่ากัน (ความถี่  $f$ )

ดังนั้น

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{f\lambda_1}{f\lambda_2}$$

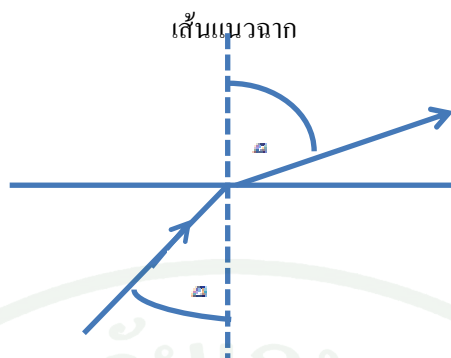
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad \text{กฎของ สเนลล์ Snell's law}$$

จากสมการอธิบายเกี่ยวกับการหักเหของคลื่นได้ว่าอย่างไร (เมื่อคลื่นมีการหักเห อัตราส่วนของไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับ อัตราเร็วคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห เท่ากับ อัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบ กับ ความยาวคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห)

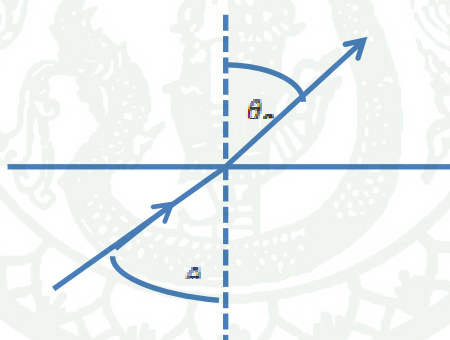
จากการทดลองสรุปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นจากบริเวณน้ำตื้นไปยังน้ำลึกลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร มุมตกกระทบและมุมหักเหเป็นอย่างไร



ภาพผนวกที่ 8 แสดงการหักเหของคลื่นจากบริเวณน้ำตื้นไปยังน้ำลึก

พบว่า มุมหักเห  $\theta_2$  โตกว่า มุมตกกระทบ  $\theta_1$

จากการทดลองสรุปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นจากบริเวณน้ำลึกไปยังน้ำตื้น ลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร มุมตกกระทบและมุมหักเหเป็นอย่างไร



ภาพผนวกที่ 9 แสดง การหักเหของคลื่นจากบริเวณน้ำลึกไปยังน้ำตื้น

พบว่า มุมหักเห  $\theta_2$  เล็กกว่า มุมตกกระทบ  $\theta_1$

จากรูปสรุปลักษณะของคลื่นหักเหของคลื่นผิวน้ำได้ว่าอย่างไร

1. คลื่นเคลื่อนที่จากน้ำตื้น ( $v$  น้อย,  $\theta$  น้อย) สู่น้ำลึก ( $v$  มาก,  $\theta$  มาก) ทิศทางคลื่นหักเหจะเบนจากเส้นแนวฉาก

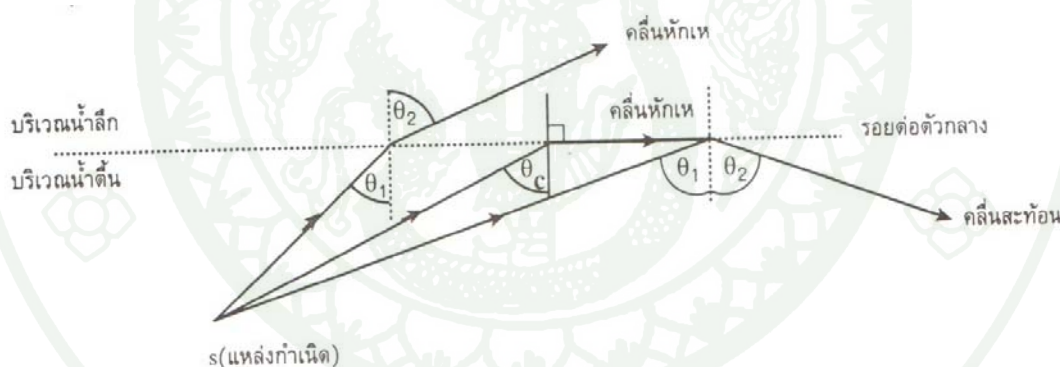
2. คลื่นเคลื่อนที่จากน้ำลึก ( $v$  มาก,  $\theta$  มาก) สู่น้ำตื้น ( $v$  น้อย,  $\theta$  น้อย) ทิศทางคลื่นหักเหจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก

### ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เวลา 10 นาที

ครูถามคำถามว่าเมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่บริเวณน้ำลึกจะทำให้เกิดหักเหโดยทิศทางคลื่นหักเหจะเบนออกจากแนวเส้นแนวฉาก ถ้ามุมหักเหของคลื่นเท่ากับ  $90^\circ$  พอดีมุมตกกระทบนี้เรียกว่าอะไร (มุมวิกฤต Critical Angle ;  $\theta_c$ )

และถ้ามุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤตลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นจะเป็นอย่างไร (คลื่นจะเกิดการสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม)

ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าอย่างไร (การสะท้อนกลับหมด Total Reflection) ดังรูป



ภาพผนวกที่ 10 แสดง การเกิดมุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของคลื่นผิวน้ำ

มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของคลื่นจะเกิดขึ้นได้เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีตัวกลางเป็นอย่างไร (มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นได้เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีอัตราเร็วคลื่นน้อยไปยังตัวกลางที่มีอัตราเร็วคลื่นมาก)

### ขั้นประเมิน (Evaluation) เวลา 30 นาที

1. ครูตั้งคำถามการตอบคำถามของนักเรียนเป็นกลุ่มและนักเรียนเป็นรายบุคคลในเรื่อง การหักเหของคลื่น

2. นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบอัตนัย (ให้ทำเป็นบ้าน)

## 5. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

### 1. สื่อการเรียนรู้

- แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น
- ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น

### 2. แหล่งการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี . (2551). รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 .

พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สกสศ.

เฉลิมชัย มอญสุชา . ฟิสิกส์ ม 5 เล่ม 1 . สำนักพิมพ์ เดอะบุคส์ จำกัด .

นิรันดร์ สุวรรณ์ . (2551) .ฟิสิกส์ ม 5 เล่ม 1 . สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา .

## 6. การวัดผลและประเมินผล

| สิ่งที่ต้องการวัด                                                                                                                                                             | การวัดผล                                                                       | การประเมินผล                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                               | เครื่องมือวัด/วิธีการวัด                                                       | เกณฑ์การประเมิน                                       |
| 1. ทดลองและสังเกตการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ความยาวคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่บริเวณน้ำตื้น                                                                      | - ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น<br>- แบบประเมินการนำเสนอหน้าชั้นเรียน | - ผ่าน ได้ 5 คะแนนขึ้นไป<br>- ต้องอยู่ในระดับดีขึ้นไป |
| 2. อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึก และน้ำตื้น ในกรณีหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับผิวรอยต่อ และกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง | - แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น                                       | - ผ่าน ได้คะแนน 12 คะแนนขึ้นไป                        |

| สิ่งที่ต้องการวัด                                                                                                                                                                                                                                                 | การวัดผล                                     | การประเมินผล                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | เครื่องมือวัด/วิธีการวัด                     | เกณฑ์การประเมิน                    |
| 3) สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์<br>โดยการอธิบายความสัมพันธ์<br>ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบ<br>ไซน์ของมุมหักเห อัตราเร็วของ<br>คลื่นตกกระทบและอัตราเร็วของ<br>คลื่นหักเห ความยาวคลื่นตก<br>กระทบ และความยาวคลื่นหักเห<br>และนำความสัมพันธ์นี้ไป<br>แก้ปัญหาที่กำหนดได้ | - แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง การ<br>หักเหของคลื่น | - ผ่าน ได้คะแนน 12 คะแนน<br>ขึ้นไป |
| 4.อธิบายความหมายและแก้ปัญหา<br>เกี่ยวกับมุมวิกฤตได้                                                                                                                                                                                                               | - แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง การ<br>หักเหของคลื่น | - ผ่าน ได้คะแนน 12 คะแนน<br>ขึ้นไป |
| 5.อธิบายความหมายเกี่ยวกับการ<br>สะท้อนกลับหมดของคลื่นได้                                                                                                                                                                                                          | - แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง การ<br>หักเหของคลื่น | - ผ่าน ได้คะแนน 12 คะแนน<br>ขึ้นไป |
| 6.รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น                                                                                                                                                                                                                                     | - แบบประเมินการอภิปราย<br>แสดงความคิดเห็น    | - ผ่าน ได้คะแนน 12 คะแนน<br>ขึ้นไป |

## 7. บันทึกหลังการสอน

- วิธีการ หรือ เทคนิคที่ใช้ประกอบการสอนแบบสืบเสาะ

.....

.....

.....

- การแสดงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

- ปัญหาอุปสรรค หรือข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้

.....

.....

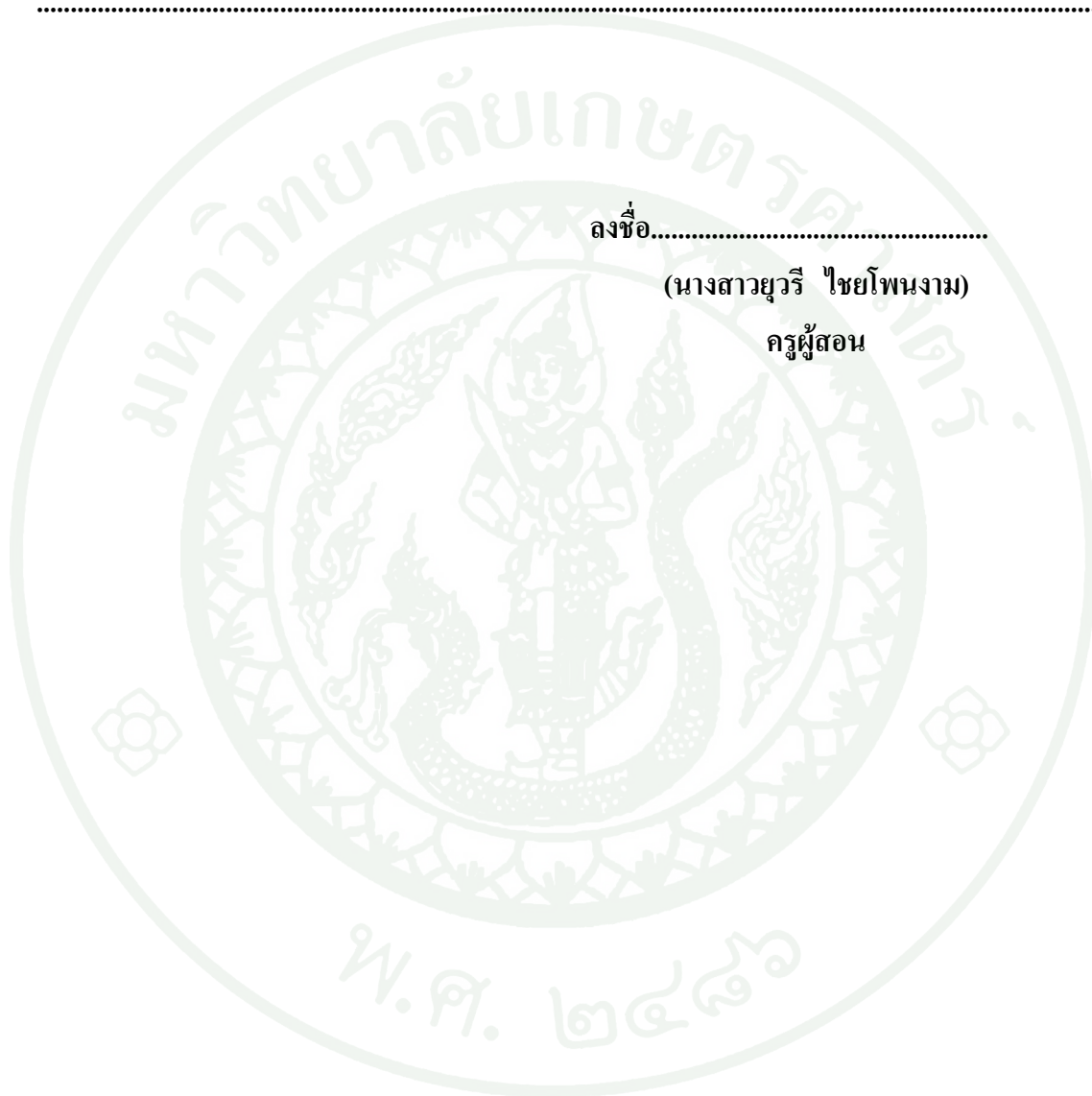
.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวยุวรี ไชยโพนงาม)

ครูผู้สอน



# แบบประเมินการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

## เรื่อง การหักเหของคลื่น

กลุ่มที่ถูกประเมิน กลุ่มที่ ..... หัวข้อเรื่อง .....

นักเรียนตัวแทนกลุ่ม ชื่อ.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับระดับความคิดเห็นของนักเรียน

| รายงานการประเมิน                                                                                                                                                                                                                     | ระดับความคิดเห็น |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|
|                                                                                                                                                                                                                                      | 3                | 2 | 1 |
| 1. อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึก และ น้ำตื้น ในกรณีหน้าคลื่นตกกระทบขนานกับผิวรอยต่อ และกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง                                                       |                  |   |   |
| 2. สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบ ไซน์ของมุมหักเห อัตราเร็วของคลื่นตกกระทบและอัตราเร็วของคลื่นหักเห ความยาวคลื่นตกกระทบ และความยาวคลื่นหักเห และนำความสัมพันธ์นี้ไปแก้ปัญหาที่กำหนดได้ |                  |   |   |
| 3. อธิบายความหมายและแก้ปัญหาเกี่ยวกับมุมวิกฤตได้                                                                                                                                                                                     |                  |   |   |
| 4. อธิบายความหมายและแก้ปัญหาเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมดของคลื่นได้                                                                                                                                                                     |                  |   |   |

### เกณฑ์การตัดสิน

#### การพิจารณาคะแนน

9-12 คะแนน ดีมาก

5-8 คะแนน ดี

1-4 คะแนน พอใช้

### เกณฑ์ประเมินการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

| ประเด็นที่ประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ระดับคะแนน |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <p>1.อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น ในกรณีหน้าคลื่นตกกระทบบนกับผิวรอยต่อ และกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง (3 คะแนน)</p> <p><u>การประเมินให้พิจารณาตามเกณฑ์ ดังนี้</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติได้ทั้ง 2 ประเด็น 3</li> <li>- ปฏิบัติได้ 1 ประเด็น 2</li> <li>- ปฏิบัติได้ แต่ไม่ครบ 1 ประเด็น 1</li> </ul>                                                                                                                          |            |
| <p>2.สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- โดยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบบ ไซน์ของมุมหักเห อัตราเร็วของคลื่นตกกระทบบและอัตราเร็วของคลื่นหักเห ความยาวคลื่นตกกระทบบ และความยาวคลื่นหักเห</li> <li>- นำความสัมพันธ์นี้ไปแก้ปัญหาที่กำหนดได้ (3 คะแนน)</li> </ul> <p><u>การประเมินให้พิจารณาตามเกณฑ์ ดังนี้</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติได้ทั้ง 2 ประเด็น 3</li> <li>- ปฏิบัติได้ 1 ประเด็น 2</li> <li>- ปฏิบัติได้ แต่ไม่ครบ 1 ประเด็น 1</li> </ul> |            |

## เกณฑ์ประเมินการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

| ประเด็นที่ประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                                | ระดับคะแนน |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <p>3. อธิบายความหมายและแก้ปัญหาเกี่ยวกับมุมวิกฤตได้ (3 คะแนน)</p> <p><u>การประเมินให้พิจารณาตามเกณฑ์ ดังนี้</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติได้ทั้ง 2 ประเด็น 3</li> <li>- ปฏิบัติได้ 1 ประเด็น 2</li> <li>- ปฏิบัติได้ แต่ไม่ครบ 1 ประเด็น 1</li> </ul>                 |            |
| <p>4. อธิบายความหมายและแก้ปัญหาเกี่ยวกับการสะท้อนกลับหมดของคลื่นได้ (3 คะแนน)</p> <p><u>การประเมินให้พิจารณาตามเกณฑ์ ดังนี้</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติได้ทั้ง 2 ประเด็น 3</li> <li>- ปฏิบัติได้ 1 ประเด็น 2</li> <li>- ปฏิบัติได้ แต่ไม่ครบ 1 ประเด็น 1</li> </ul> |            |

**ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น**  
**ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556**

\*\*\*\*\*

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม

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

**จุดประสงค์**

- 1) ทดลองและสังเกตการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ความยาวคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่บริเวณน้ำตื้น
- 2) อธิบายและสรุปการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น ในกรณีหน้าคลื่นตกกระทบบนกับผิวรอยต่อ และกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง

**วัสดุ/อุปกรณ์**

- |                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 1. ถาดคลื่น                           | 2. แหล่งกำเนิดแสงขาว       |
| 3. คานเพื่อยึดแหล่งกำเนิดคลื่นหน้าตรง | 4. แหล่งกำเนิดคลื่นหน้าตรง |
| 5. กระดาษใส                           | 6. น้ำเปล่า                |
| 7. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ                   | 8. กระดาษขาวเพื่อเป็นฉาก   |

**คำชี้แจง**

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายสังเกตการหักเหของคลื่น ที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำลึก และน้ำตื้น ในกรณีหน้าคลื่นตกกระทบบนกับผิวรอยต่อ และกรณีไม่ขนานกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง
2. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎการหักเหของคลื่น

### วิธีการปฏิบัติกิจกรรม

1. วางแผ่นกระจกใสรูปสี่เหลี่ยมลงในถาดคลื่น ให้ผิวบนของกระจกใสอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 1-2 มิลลิเมตร
2. จัดแผ่นกระจกในให้ขอบกระจกขนานกับแนวแผ่นกำเนิดคลื่นหน้าตรง บริเวณเหนือแผ่นกระจกใสจะเป็นบริเวณน้ำตื้น
3. ทำให้เกิดคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปยังบริเวณน้ำตื้น (บริเวณเหนือแผ่นกระจกใส) สังเกตทิศทางการเคลื่อนที่และความยาวคลื่นทั้งในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้น
4. ทดลองซ้ำ โดยหมุนแผ่นกระจกใสให้ขอบของแผ่นกระจกทำมุมต่างๆ กับหน้าคลื่น สังเกตทิศทางการเคลื่อนที่และความยาวคลื่นทั้งในบริเวณน้ำลึกและน้ำตื้น
  - เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณน้ำลึกและบริเวณน้ำตื้น โดยให้หน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเห และความยาวของคลื่นหักเหเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ ( 2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....



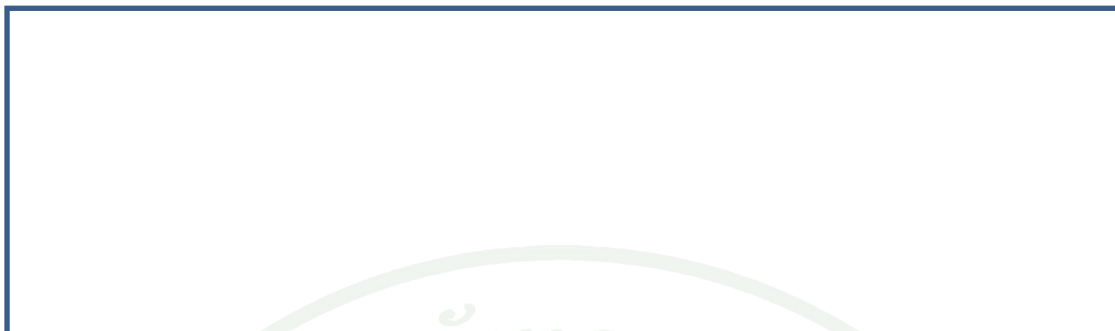
- เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณน้ำลึกและบริเวณน้ำตื้น โดยให้หน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเห และความยาวของคลื่นหักเหเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ ( 2 คะแนน)

.....

.....

.....

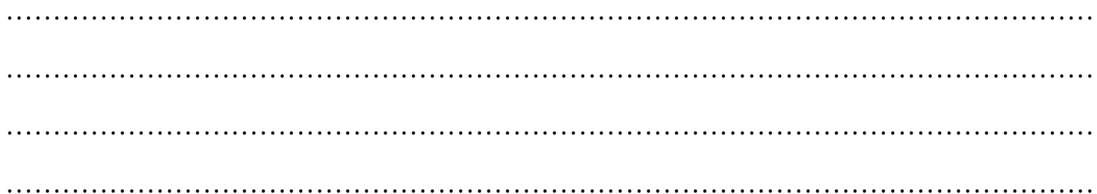
.....

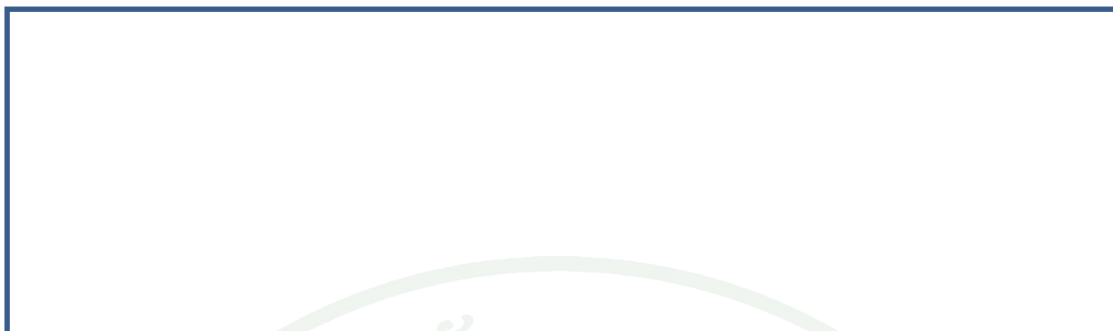


- เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณน้ำตื้นและบริเวณน้ำลึก โดยให้หน้าคลื่นตกกระทบขนานกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเห และความยาวของคลื่นหักเห เปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ ( 2 คะแนน)




- เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณน้ำตื้นและบริเวณน้ำลึก โดยให้หน้าคลื่นตกกระทบทำมุมกับรอยต่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเห และความยาวของคลื่นหักเห เปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร พร้อมวาดรูปประกอบ ( 2 คะแนน)





### เกณฑ์การให้คะแนน

- 2 คะแนน อธิบายเป็นขั้นตอน ใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้องและสามารถสรุป  
ออกมาเป็นกฎการหักเหของคลื่นได้
- 1 คะแนน อธิบายเป็นขั้นตอน ใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง
- 0 คะแนน ไม่ปฏิบัติตามกิจกรรม

ผ่านเกณฑ์ ได้คะแนน 5 คะแนนขึ้นไป

### แบบประเมินการอภิปรายแสดงความคิดเห็น

วิชา ฟิสิกส์ (ว 32213)

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่นกล

เรื่อง การหักเหของคลื่น

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2/2556

จำนวน 2 คาบ

คำชี้แจง: ให้ประเมินจากการสังเกตการร่วมอภิปรายในระหว่างเรียน และการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม โดยให้ ระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

เกณฑ์การให้คะแนน

3 = ดี  
2 = พอใช้  
1 = ต้องปรับปรุง

| เลขที่ | ชื่อ-นามสกุล | รายการประเมิน              |                                        |                |                |                                     |                   | รวม<br>15<br>คะแนน | สรุปผลการ<br>ประเมิน |             |
|--------|--------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------|
|        |              | การแสดงความ<br>คิดเห็น (3) | ยอมรับฟังความ<br>คิดเห็นของผู้อื่น (3) | ตรงประเด็น (3) | สมเหตุสมผล (3) | มีความเชื่อมั่นใน<br>การแสดงออก (3) | คะแนน<br>ที่ทำได้ |                    | ผ่าน                 | ไม่<br>ผ่าน |
| 1      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 2      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 3      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 4      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 5      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 6      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 7      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 8      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |
| 9      |              |                            |                                        |                |                |                                     |                   |                    |                      |             |

| เลขที่ | ชื่อ-นามสกุล | รายการประเมิน               |                                         |                |                |                                     |                 | รวม<br>15<br>คะแนน | สรุปผลการ<br>ประเมิน |             |
|--------|--------------|-----------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
|        |              | การแสดงความ<br>ความเห็น (3) | ยอมรับฟังความ<br>ความเห็นของผู้อื่น (3) | ตรงประเด็น (3) | สมเหตุสมผล (3) | มีความเชื่อมั่นใน<br>การแสดงออก (3) | คะแนน<br>ที่ได้ |                    | ผ่าน                 | ไม่<br>ผ่าน |
| 10     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 11     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 12     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 13     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 14     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 15     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 16     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 17     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 18     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 19     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 20     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 21     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 22     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 23     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 24     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 25     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 26     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 27     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 28     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 29     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 30     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 31     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 32     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |

| เลขที่ | ชื่อ-นามสกุล | รายการประเมิน               |                                         |                |                |                                     |                 | รวม<br>15<br>คะแนน | สรุปผลการ<br>ประเมิน |             |
|--------|--------------|-----------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-------------|
|        |              | การแสดงความ<br>ความเห็น (3) | ยอมรับฟังความ<br>ความเห็นของผู้อื่น (3) | ตรงประเด็น (3) | สมเหตุสมผล (3) | มีความเชื่อมั่นใน<br>การแสดงออก (3) | คะแนน<br>ที่ได้ |                    | ผ่าน                 | ไม่<br>ผ่าน |
| 33     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 34     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 35     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 36     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 37     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 38     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 39     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 40     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 41     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 42     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 43     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 44     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 45     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 46     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 47     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 48     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |
| 49     |              |                             |                                         |                |                |                                     |                 |                    |                      |             |

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

เกณฑ์การประเมิน : นักเรียนได้คะแนน 12 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์



ภาคผนวก ง  
ตัวอย่างแบบฝึกหัด

**แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง การหักเหของคลื่น**  
**ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556**

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

**จุดประสงค์**

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบ  
 ไซน์ของมุมหักเห อัตราเร็วของคลื่นตกกระทบและอัตราเร็วของคลื่นหักเห ความยาวคลื่นตกกระทบ  
 และความยาวคลื่นหักเห และนำความสัมพันธ์นี้ไปแก้ปัญหที่กำหนดได้

**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนอธิบายและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการหักเหของคลื่นได้ถูกต้อง (ข้อละ 2  
 คะแนน)

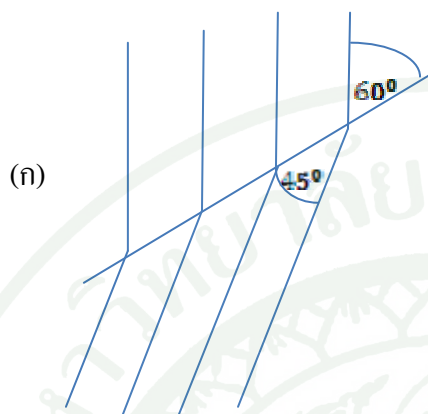
เกณฑ์การให้คะแนน

2 คะแนน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบ  
 ไซน์ของมุมหักเห อัตราเร็วของคลื่นตกกระทบและอัตราเร็วของคลื่นหักเห ความยาวคลื่นตกกระทบ  
 และความยาวคลื่นหักเห และนำความสัมพันธ์นี้ไปแก้ปัญหที่กำหนดได้ถูกต้องสมบูรณ์

1 คะแนน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบ  
 ไซน์ของมุมหักเห อัตราเร็วของคลื่นตกกระทบและอัตราเร็วของคลื่นหักเห ความยาวคลื่นตกกระทบ  
 และความยาวคลื่นหักเห และนำความสัมพันธ์นี้ไปแก้ปัญหที่กำหนดได้บางส่วน

0 คะแนน ไม่อธิบายและไม่วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการหักเหของคลื่น ไม่แสดงวิธีการ  
 คิดเพื่อได้มาซึ่งคำตอบ

1. คลื่นน้ำเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความลึกต่างกันเกิดปรากฏการณ์ดังรูป ในบริเวณ (ก) หน้าคลื่นอยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร ในบริเวณ (ข) คลื่นมีความเร็ว  $4\sqrt{2}$  เซนติเมตรต่อวินาที ถ้าต้นกำเนิดคลื่นอยู่ในบริเวณ (ก) ความถี่ของต้นกำเนิดคลื่นมีค่าเท่าใด



แนวคำตอบ

หน้าคลื่นอยู่ห่างกัน 8 เซนติเมตร บอกความยาวคลื่นในบริเวณ (ก) จะได้ว่า

$$\lambda_g = 8 \text{ cm}$$

บอกความเร็วคลื่นในบริเวณ (ข) จะได้ว่า

$$v_k = 4\sqrt{2} \text{ cm/s}$$

จากรูปบอกมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับแนวรอยต่อซึ่งมีค่าเท่ากับมุมตกกระทบจะได้ว่า

$$\theta_1 = 60^\circ$$

จากรูปบอกมุมที่หน้าคลื่นหักเหกระทำกับแนวรอยต่อซึ่งมีค่าเท่ากับมุมหักเหจะได้ว่า

$$\theta_2 = 45^\circ$$

โจทย์ต้องการความถี่ของต้นกำเนิดคลื่นในบริเวณ (ก) จะได้ว่า

$$v_g = f_g \lambda_g \dots\dots\dots(1)$$

จาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_g}{v_k}$$

จะได้ว่า

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{f_g \lambda_g}{v_k}$$

$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{f_g 8}{4\sqrt{2}}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times \sqrt{2} = \frac{f_g 8}{4\sqrt{2}}$$

$$f_n = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ Hz}$$

ดังนั้น ความถี่ของต้นกำเนิดคลื่นมีค่าเท่ากับ  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  รอบต่อวินาที

2. คลื่นน้ำในถาดคลื่นพบว่าบริเวณน้ำลึกระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันเท่ากับ 4 เซนติเมตร และบริเวณน้ำตื้นระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันเท่ากับ 2 เซนติเมตร ถ้ามุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำตื้นทำมุม  $37^\circ$  กับรอยต่อของน้ำลึกและน้ำตื้น อยากทราบว่ามุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำลึกกับรอยต่อของน้ำลึกและน้ำตื้นเป็นเท่าใด

แนวคำตอบ

โจทย์กำหนดระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันในบริเวณน้ำลึกซึ่งหมายถึงความยาวคลื่นในน้ำลึก

$$\lambda_n = 4 \text{ cm}$$

โจทย์กำหนดระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นที่ติดกันในบริเวณน้ำตื้นซึ่งหมายถึงความยาวคลื่นในน้ำตื้น

$$\lambda_n = 2 \text{ cm}$$

โจทย์กำหนดมุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำตื้นกระทำกับรอยต่อเท่ากับ  $\theta_n = 37^\circ$

โจทย์ถามหามุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำลึกกระทำกับรอยต่อมีค่าเท่าใด

จาก

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_n} = \frac{\lambda_i}{\lambda_n}$$

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin 37^\circ} = \frac{4 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}$$

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin 37^\circ} = \frac{4 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}$$

$$\frac{\sin \theta_i}{\frac{3}{5}} = \frac{4 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}$$

$$\sin \theta_i = \frac{4 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} \times \frac{3}{5}$$

$$\theta_i = \sin^{-1} \frac{12}{10}$$

ดังนั้น มุมระหว่างหน้าคลื่นในน้ำลึกกระทำกับรอยต่อมีค่าเท่ากับ

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{12}{10}$$

3. คลื่นน้ำลูกคลื่นหนึ่งเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นไปสู่บริเวณน้ำลึก โดยแนวทางการเคลื่อนที่ตกกระทบบนมุมตกกระทบ  $37^\circ$  ถ้าความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึกเป็น  $\sqrt{2}$  เท่าของความยาวคลื่นในน้ำตื้น จงหามุมที่หน้าคลื่นหักเหกระทำกับแนวรอยต่อระหว่างน้ำตื้นและน้ำลึก

แนวคำตอบ

โจทย์กำหนดมุมตกกระทบเท่ากับ  $\theta_1 = 37^\circ$

โจทย์กำหนดความยาวคลื่นในน้ำตื้น  $\lambda_1 = \lambda$

โจทย์กำหนดความยาวคลื่นในน้ำลึก  $\lambda_2 = \sqrt{2}\lambda$

โจทย์ถามหามุมที่หน้าคลื่นหักเหกระทำกับแนวรอยต่อระหว่างน้ำตื้นและน้ำลึกซึ่ง

หมายถึงมุมหักเหมีค่าเท่าใด

จาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin 37^\circ}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda}{\sqrt{2}\lambda}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{3}{5} \times \frac{\sqrt{2}\lambda}{\lambda}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{3}{5} \times \frac{\sqrt{2}\lambda}{\lambda}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{3\sqrt{2}}{5}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \frac{3\sqrt{2}}{5}$$

ดังนั้น มุมหักเหมีค่าเท่ากับ  $\theta_2 = \sin^{-1} \frac{3\sqrt{2}}{5}$

4. คลื่นน้ำในถาดคลื่น เคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกไปสู่น้ำตื้น โดยมีมุมตกกระทบ  $45^\circ$  และมุมหักเห  $30^\circ$  ถ้าระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นหักเหที่ติดกันวัดได้  $3\sqrt{2}$  เซนติเมตร และแหล่งกำเนิดคลื่นมีความถี่ 30 เฮิรตซ์ จงหาอัตราเร็วของคลื่นตกกระทบ

แนวคำตอบ

โจทย์กำหนดมุมตกกระทบ  $\theta_1 = 45^\circ$

โจทย์กำหนดมุมหักเห  $\theta_2 = 30^\circ$

โจทย์กำหนดระยะห่างระหว่างหน้าคลื่นหักเหซึ่งหมายถึงความยาวคลื่นในบริเวณน้ำตื้น

$$\lambda_n = 3\sqrt{2} \text{ เซนติเมตร}$$

โจทย์กำหนดความถี่ในบริเวณน้ำลึกซึ่งมีค่าเท่ากับบริเวณน้ำตื้น  $f = 30 \text{ Hz}$

โจทย์ถามหาอัตราเร็วของคลื่นตกกระทบ

จาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{\lambda_2 f}$$

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{v_1}{3\sqrt{2} \times 30}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{v_1}{3\sqrt{2} \times 30}$$

$$v_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{1}{2} \times 3\sqrt{2} \times 30$$

$$v_1 = 45 \text{ cm/s}$$

ดังนั้น อัตราเร็วคลื่นตกกระทบมีค่าเท่ากับ 45 เซนติเมตรต่อวินาที

5. คลื่นน้ำมีอัตราเร็วในน้ำลึกเป็น  $\frac{4}{3}$  เท่า ของอัตราเร็วในน้ำตื้น คลื่นจำตั้งต้นเคลื่อนที่จากบริเวณใด  
จึงจะเกิดมุมวิกฤตได้ และมุมวิกฤตมีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ

โจทย์กำหนดอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับ  $v$

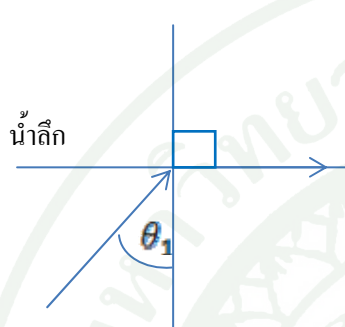
โจทย์กำหนดอัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกเท่ากับ  $\frac{4}{3}v$

มุมวิกฤตคือ มุมตกกระทบ  $\theta_c = \theta_1$  ที่ทำให้ทิศทางคลื่นหักเหเบนจากเส้นแนวฉาก ทำมุม  $90^\circ$  ให้อะไร  $\theta_2 = 90^\circ$  ซึ่งจะเกิดมุมวิกฤตได้ก็ต่อเมื่อคลื่นเริ่มต้นเคลื่อนที่จากบริเวณที่มี

$v$

น้อยไปสู่บริเวณที่มี  $v$  มาก หรือ น้ำตื้นไปยังน้ำลึก

ดังรูป



จาก 
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin 90^\circ} = \frac{v}{\frac{4}{3}v}$$

$$\sin \theta_1 = \frac{3}{4}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{3}{4}$$

ดังนั้น มุมวิกฤตมีค่าเท่ากับ  $\sin^{-1} \frac{3}{4}$

6. ถ้าอัตราเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำลึก เป็น 3 เท่าของอัตราเร็วของคลื่นในบริเวณน้ำตื้นจงหามุมตกกระทบ ที่ทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด

แนวคำตอบ การสะท้อนกลับหมดจะเกิดขึ้นได้เมื่อมุมตกกระทบ  $\theta_1$  โดกว่ามุมวิกฤต  $\theta_c$  และจะเกิดได้เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากน้ำตื้นไปยังน้ำลึก

จากโจทย์บอก  $\theta_1 = 90^\circ$  ,  $v_2 = 3v_1$

หามุมวิกฤตก่อน

จาก 
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{v_1}{3v_1}$$

$$\sin \theta_c = \frac{1}{3}$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{1}{3}$$

ดังนั้น การสะท้อนกลับหมดจะเกิดได้เมื่อมุมตกกระทบโตกว่า  $\sin^{-1} \frac{1}{3}$

7. สามเหลี่ยม XYZ เป็นบริเวณน้ำตื้น และนอก รูปสามเหลี่ยมนี้เป็นบริเวณน้ำลึกสม่ำเสมอ ถ้าคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่จากน้ำลึกเข้าสู่หน้าตื้น XY ทำมุมตกกระทบ  $53^\circ$  พบว่าอัตราเร็วของคลื่นในน้ำลึกเป็น  $\frac{4}{3}$  เท่าของอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น จงหาว่าคลื่นที่หักเหออกจากน้ำตื้นไปสู่น้ำลึก จะมีมุมหักเหเท่าใด กำหนด  $\sin 37^\circ = 0.6$  ,  $\sin 53^\circ = 0.8$



แนวคำตอบ

1. รู้มุมตกกระทบครั้งแรกที่ด้าน XY สามารถหามุมหักเหได้
2. หามุมตกกระทบครั้งที่สองที่ด้าน XZ
3. หามุมหักเหครั้งที่สองที่ด้าน XZ
4. เขียนภาพทางเดินของคลื่น โดยหาจากสูตรการหักเห

หา a

จาก 
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin 53^\circ}{\sin a} = \frac{v_{\text{ตื้น}}}{v_{\text{ลึก}}}$$

$$\sin a = \frac{v_{\text{ลึก}}}{v_{\text{ตื้น}}} \sin 53^\circ$$

$$\sin a = \frac{3}{4} \times \frac{4}{5} = \frac{3}{5}$$

$$a = 37^\circ$$

ได้ว่า  $b = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$

และ  $c = 180^\circ - 67^\circ - 53^\circ = 60^\circ$

ดังนั้น  $d = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

หาค่า  $e$

จาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin d}{\sin e} = \frac{v_{\text{น้ำ}}}{v_{\text{อากาศ}}}$$

$$\sin e = \frac{v_{\text{น้ำ}}}{v_{\text{อากาศ}}} \sin d$$

$$\sin e = \frac{4}{3} \sin 30^\circ$$

$$\sin e = \frac{4}{3} \times \frac{1}{2}$$

$$\sin e = \frac{2}{3} = 0.67$$

$$e = \sin^{-1} 0.67$$

ดังนั้น คลื่นหักเหจากน้ำตื้นไปสู่ น้ำลึก จะมีมุมหักเห  $\sin^{-1} 0.67$

8. คลื่นผิวน้ำมีอัตราเร็วในน้ำลึกและในน้ำตื้นเป็น 20 เซนติเมตรต่อวินาที และ 16 เซนติเมตรต่อวินาที จงหาอัตราส่วนของ  $\sin$  ของมุมตกกระทบต่อ  $\sin$  ของมุมหักเห เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากน้ำลึกสู่น้ำตื้น

แนวคำตอบ

โจทย์บอกอัตราเร็วในน้ำลึกเท่ากับ 20 เซนติเมตรต่อวินาที

โจทย์บอกอัตราเร็วในน้ำตื้นเท่ากับ 16 เซนติเมตรต่อวินาที

โจทย์ถามหาอัตราส่วนของ  $\sin$  ของมุมตกกระทบต่อ  $\sin$  ของมุมหักเห จาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{20}{16}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{5}{4}$$

ดังนั้น อัตราส่วนของ  $\sin$  ของมุมตกกระทบต่อ  $\sin$  ของมุมหักเห เท่ากับ  $\frac{5}{4}$

9. คลื่นน้ำเคลื่อนที่จากน้ำตื้นเข้าสู่ น้ำลึก ทำมุมตกกระทบ  $30^\circ$  แล้วทำมุม  $37^\circ$  ถ้าความยาวคลื่นในน้ำลึกวัดได้ 6 เซนติเมตร ในน้ำตื้นจะมีความยาวคลื่นกี่เซนติเมตร

แนวคำตอบ

โจทย์บอกมุมตกกระทบเท่ากับ  $\theta_1 = 30^\circ$   
 โจทย์บอกมุมหักเหเท่ากับ  $\theta_2 = 37^\circ$   
 โจทย์บอกความยาวคลื่นในน้ำลึกเท่ากับ  $\lambda_2 = 6 \text{ cm}$   
 โจทย์ถามหาความยาวคลื่นในน้ำตื้นเท่ากับกี่เซนติเมตร

จาก

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{\lambda_1}{6}$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \times \frac{5}{3} \times 6$$

$$\lambda_1 = 5 \text{ cm}$$

ดังนั้น ความยาวคลื่นในน้ำตื้นมีค่าเท่ากับ 5 เซนติเมตร

10. คลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่บริเวณน้ำลึก พบว่าความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเป็น  $\frac{5}{3}$  เท่าของเดิม จาหามุมวิกฤตมีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ มุมวิกฤตจะเกิดขึ้นได้เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำตื้นเข้าสู่ น้ำลึก

โจทย์บอกความยาวคลื่นในบริเวณน้ำลึกเท่ากับ  $\lambda_2 = \frac{5}{3} \lambda_1$

มุมวิกฤตเกิดได้เมื่อมุมหักเหมีค่าเท่ากับ  $90^\circ$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{\lambda_1}{\frac{5}{3} \lambda_1}$$

$$\sin \theta_c = \frac{3}{5}$$

$$\theta_c = 37^\circ$$

ดังนั้นมุมวิกฤตเท่ากับ  $37^\circ$



แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การสะท้อนของคลื่น .....สอนชั้น ม.๕/๑๐

- วิธีการ หรือ เทคนิคที่ใช้ประกอบการสอนแบบสืบเสาะ

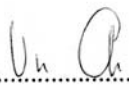
ตรวจสอบความสนใจของนักเรียน โดยการกล่าวถึงภาพทดลอง การเคลื่อนที่ของคลื่น  
น้ำ กระทำแบบนั้น พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนี้ จึงนำเข้าสู่บทเรียน  
โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียน คือ เรือมีใบ ความถี่ขึ้นหรือลงตามน้ำ นักเรียน  
ช่วยกันแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน จากสิ่งที่พบจากภาพทดลอง แล้วในระหว่าง  
ที่นักเรียนทำการทดลอง ก็จะแทรกคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิด กระ  
บวนการคิด และให้ช่วยกันเขียนและสรุป สรุปให้สมาชิกแสดงความคิดเห็น  
และครูแทรกคำถาม และร่วมกันอภิปรายจนกระทั่งได้ข้อสรุป เกี่ยวกับ การ  
สะท้อนของคลื่น

- การแสดงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ มีความสามารถในการคิด วิเคราะห์ ตามลำดับอยู่ในระดับดีมาก  
โดยสังเกตจากแบบฝึกหัด นักเรียนสามารถขบตัวแปรตามที่ได้ให้ไว้  
การคิดวิเคราะห์ตามลำดับอยู่ในระดับดีมาก และแสดงความคิดเห็น  
อยู่ในระดับดีมาก เช่นกัน

- ปัญหาอุปสรรค หรือข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้

- ในการจัดการเรียนในวันนี้สรีระของนักเรียนใช้เวลามากเกินไปควร  
ปรับเวลา โดยการให้นักเรียนไปศึกษาเพิ่มเติมก่อนเวลา และในระหว่าง  
กิจกรรมกลุ่ม นักเรียนบางคนยังไม่ค่อยสนใจเท่าที่ควร ควรปรับปรุงแก้ไข  
โดยการให้ครูเดินตรวจขณะทดลองให้ทั่วถึง

ลงชื่อ..... .....ผู้สอน

(นางสาวยุวรี ไชยโพนงาม)

วันที่ 28 เดือน มกราคม พ.ศ. 2557



**แบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับข้อคำถามใน  
แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนการจัดการเรียนรู้**

**แบบประเมินแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ**

**คำชี้แจง** ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องแสดงผลการประเมินของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงต่อไป โดยตัวเลขในช่องประเมินมีความหมายดังนี้

+1 หมายถึง เห็นด้วย 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ -1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ผลการประเมิน |   |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | +1           | 0 | -1 |
| 1. ข้อคำถามที่ทำให้มีความสอดคล้องกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ ดังนี้                                                                                                                                                                                                               |              |   |    |
| ตัวบ่งชี้ที่ 1 การวิเคราะห์ความสำคัญ(Analysis of element): เป็นความสามารถที่แยกแยะได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญและสิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด กล่าวคือนักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐาน กำหนดปัญหา ระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้                                                    |              |   |    |
| ตัวบ่งชี้ที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship): เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดและสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ซึ่งนักเรียนสามารถบอกได้ว่าแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างไรโดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการ                 |              |   |    |
| ตัวบ่งชี้ที่ 3 การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles): เป็นการค้นหาโครงสร้างของระบบ เรื่องราว หรือการทำงานต่างๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ในสภาพเช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไร หรือมีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนสามารถนำเสนอการหลาย |              |   |    |

| รายการประเมิน                                                                                | ผลการประเมิน |   |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|----|
|                                                                                              | +1           | 0 | -1 |
| สมการมาเชื่อมโยงกันเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา<br>และสามารถลงข้อสรุปในแต่ละประเด็นปัญหาได้ |              |   |    |
| ข้อที่ 1                                                                                     |              |   |    |
| ข้อที่ 2                                                                                     |              |   |    |
| ข้อที่ 3                                                                                     |              |   |    |
| ข้อที่ 4                                                                                     |              |   |    |

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง

.....

(นางสาวยุวรี ไชยโพนงาม)

ตำแหน่ง ครู

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

...../...../.....

**แบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับข้อคำถามใน  
แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้**

**แบบประเมินแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ**

**คำชี้แจง** ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องแสดงผลการประเมินของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงต่อไป โดยตัวเลขในช่องประเมินมีความหมายดังนี้

+1 หมายถึง เห็นด้วย 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ -1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ผลการประเมิน |   |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | +1           | 0 | -1 |
| 1. ข้อคำถามที่ทำให้มีความสอดคล้องกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ ดังนี้                                                                                                                                                                                                               |              |   |    |
| ตัวบ่งชี้ที่ 1 การวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of element): เป็นความสามารถที่แยกแยะได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญและสิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด กล่าวคือนักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐาน กำหนดปัญหา ระบุตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้                                                   |              |   |    |
| ตัวบ่งชี้ที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship): เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดและสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ซึ่งนักเรียนสามารถบอกได้ว่าแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างไรโดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการ                 |              |   |    |
| ตัวบ่งชี้ที่ 3 การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles): เป็นการค้นหาโครงสร้างของระบบ เรื่องราว หรือการทำงานต่างๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ในสภาพเช่นนั้น เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีเทคนิคอะไร หรือมีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนสามารถนำเสนอการหลาย |              |   |    |

| รายการประเมิน                                                                                | ผลการประเมิน |   |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|----|
|                                                                                              | +1           | 0 | -1 |
| สมการมาเชื่อมโยงกันเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา<br>และสามารถลงข้อสรุปในแต่ละประเด็นปัญหาได้ |              |   |    |
| ข้อที่ 1                                                                                     |              |   |    |
| ข้อที่ 2                                                                                     |              |   |    |
| ข้อที่ 3                                                                                     |              |   |    |
| ข้อที่ 4                                                                                     |              |   |    |

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง

.....

(นางสาวยุวรี ไชยโพนงาม)

ตำแหน่ง ครู

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

...../...../.....



ภาคผนวก ข  
ตัวอย่างแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**ตัวอย่างแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์  
ก่อนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

**คำชี้แจง**

1. การตอบคำถามของนักเรียนจะไม่มีผลต่อระดับคะแนนของวิชาใดๆ แต่จะช่วยให้ครูสามารถหาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนต่อไปได้
2. แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้เป็นแบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวม 12 คะแนน
3. เวลาที่ใช้ในการสอบ 50 นาที

**เกณฑ์การให้คะแนน แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนการจัดการเรียนรู้  
ในวิชาฟิสิกส์สำหรับงานวิจัยนี้**

คะแนนเต็มข้อละ 3 คะแนน จำนวน 4 ข้อ รวมเป็น 12 คะแนน

| คะแนนที่ได้                  | เกณฑ์การให้คะแนน                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>วิเคราะห์ความสำคัญ</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3 คะแนน                      | กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์                                                                                                                                                                                      |
| 2 คะแนน                      | กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน                                                                                                                                                                                      |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                             |
| <b>วิเคราะห์ความสัมพันธ์</b> |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3 คะแนน                      | กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์                                                                                                                                           |
| 2 คะแนน                      | กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาถูกต้องบางส่วนแต่บางส่วนที่ไม่ถูกต้องตัวแปรบางตัวสลับที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไปในการสมการ ตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในการสมการทำให้เสียเวลาในการแก้โจทย์ปัญหา |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์ในรูปสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้                                                                                                                                                                                 |
| <b>วิเคราะห์หลักการ</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3 คะแนน                      | กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและสามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้                                                                                                                                          |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบไม่ถูกต้อง                                                                                                                                                   |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการไม่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                                 |

1. ปล่อยมวล 10 กิโลกรัม จากระดับสูง 20 เมตร ขณะที่ถึงพื้นมีความเร็วเป็น 15 เมตรต่อวินาที  
วัตถุจะได้รับความร้อนเนื่องจากการเสียดสีกับอากาศเท่าใด

จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุก้อนหนึ่งมีมวล 5 กิโลกรัม ตกจากตึกสูงจากพื้น 1000 เมตร พบว่าอัตราเร็วของวัตถุก่อนกระทบพื้นเท่ากับ 20 เมตรต่อวินาที ถ้า 30 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานกลที่สูญเสียไปจากการต้านของอากาศกลายเป็นความร้อนที่สะสมในวัตถุก่อนกระทบพื้นวัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าใด (กำหนดความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุเท่ากับ 500 จูลต่อกิโลกรัม-เคลวิน)

จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

3. รถยนต์คันหนึ่งเริ่มออกเดินทางในตอนเช้าซึ่งมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ก่อนออกเดินทางวัดความดันได้  $\times 10^5$  นิวตันต่อตารางเมตร อยากทราบว่าถ้าตอนบ่ายอุณหภูมิเพิ่มเป็น 37 องศาเซลเซียส อยากทราบว่าความดันของยางรถยนต์จะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร และใช้หลักการใดอธิบาย

จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

4. แก๊สชนิดหนึ่งมีการควบคุมให้มีความดันคงตัว และอุณหภูมิของแก๊สถูกทำให้เพิ่มขึ้นจาก 27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 77 องศาเซลเซียส ปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนไปจนเป็นอัตราส่วนเท่าใดของปริมาตรเดิม

จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

**ตัวอย่างแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์  
หลังการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

**คำชี้แจง**

1. การตอบคำถามของนักเรียนจะไม่มีผลต่อระดับคะแนนของวิชาใดๆ แต่จะช่วยให้ครูสามารถหาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนต่อไปได้
2. แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้เป็นแบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวม 12 คะแนน
3. เวลาที่ใช้ในการสอบ 50 นาที

**เกณฑ์การให้คะแนน แบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้  
ในวิชาฟิสิกส์สำหรับงานวิจัยนี้**

| คะแนนที่ได้                  | เกณฑ์การให้คะแนน                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>วิเคราะห์ความสำคัญ</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3 คะแนน                      | กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์                                                                                                                                                                                  |
| 2 คะแนน                      | กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน                                                                                                                                                                                  |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                         |
| <b>วิเคราะห์ความสัมพันธ์</b> |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3 คะแนน                      | กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์                                                                                                                                       |
| 2 คะแนน                      | กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาถูกต้องบางส่วนแต่บางส่วนที่ไม่ถูกต้องคือตัวแปรบางตัวสลับที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไปนสมการ ตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในสมการทำให้เสียเวลาในการแก้โจทย์ปัญหา |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่เขียนความสัมพันธ์ในรูปสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้                                                                                                                                                                             |
| <b>วิเคราะห์หลักการ</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3 คะแนน                      | กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและสามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้                                                                                                                                      |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบไม่ถูกต้อง                                                                                                                                               |
| 1 คะแนน                      | กลุ่มที่นำตัวแปรตามที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสมการไม่ถูกต้อง                                                                                                                                                                                             |

คะแนนเต็มข้อละ 3 คะแนน จำนวน 4 ข้อ รวมเป็น 12 คะแนน

1. แหล่งกำเนิดคลื่นผิวน้ำสัน 20 รอบในเวลา 4 วินาที และพบว่าระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกันมีค่าเท่ากับ 10 เซนติเมตร จงหา อัตราเร็วของคลื่นผิวน้ำ

จงแสดงวิธีทำ

.....

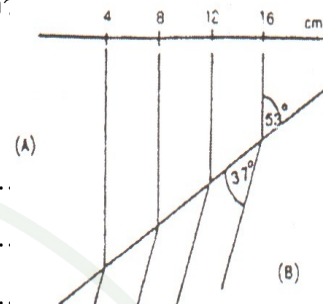
.....

.....

.....

.....

2. เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่จากบริเวณ A ไปสู่บริเวณ B ในถาดเคลื่อน ทำให้เกิดการหักเหของคลื่นปรากฏดังรูป มีไม้สเกลเซนติเมตรวางเทียบไว้ ถ้าคลื่นนี้เกิดจาก แหล่งกำเนิดซึ่งมีอัตรา 20 รอบต่อ 4 วินาที อัตราเร็วของคลื่นน้ำที่บริเวณ B จะมีค่ากี่เมตรต่อ



จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

3. จุด A อยู่ห่างจาก  $S_1$  และ  $S_2$  ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์มีเฟสตรงกัน ให้กำเนิดคลื่น ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่นที่อยู่ติดกัน 3 ซม. จุด A นี้ อยู่ห่างจาก  $S_1$  เป็นระยะ 6 ซม. และจะอยู่ห่างจาก  $S_2$  เท่าไร ถ้าจุด A เป็นตำแหน่งบนแนวบัพเส้นแรกถัดจากเส้นกลาง

จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

4. เชือกเส้นหนึ่งยาว 3 เมตร ปลายข้างหนึ่งยึดติดกับกำแพง จับปลายอีกข้างหนึ่งสับัดขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดคลื่นซึ่งมีระยะห่างระหว่างสันคลื่นกับสันคลื่นที่อยู่ติดกันเท่ากับ 1 เมตร จงหาว่าระหว่างปลายเส้นเชือกทั้งสองมีตำแหน่งบัพ และ ปฏิบัพกี่ตำแหน่ง

จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....



### แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำข้อมูลไปพิจารณาปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

ชื่อ...นาย.พนวัฒน์.ศ.....สัปดาห์ที่.....ชั้น 5/10 เลขที่ 17

จัดกิจกรรมเรียนรู้วันที่.....เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๖

1. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อบรรยากาศการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนนี้ (ด้านอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน, และครูผู้สอน)

บรรยากาศภายในห้องเรียน และ อุปกรณ์ต่างๆ เอื้อให้เกิดการเรียนรู้ แฉ่ผู้เรียน โดยอาจารย์ ฝึกการ  
สอนที่ฝึกให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดตามหลักวิทยาศาสตร์ และ เข้าใจตามสิ่งใหม่ ธรรมชาติ วิถี ฟิลิซส์ กับ  
ชีวิตประจำวัน ด้านอุปกรณ์ และ สื่อการ เรียนรู้ที่ เข้าใจง่าย และ น่าสนใจ ทำให้ได้รับความรู้ ความรู้ สำนึก  
มากมาย ใน ชั่วโมงที่เรียน

2. นักเรียนชอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั่วโมงนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด (ในด้านการทำงานเป็นกลุ่ม)

ชอบ เพราะ ได้ทำงานเป็นกลุ่ม ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และ ได้เรียนรู้จากเพื่อนๆ อย่างมีระบบ การทำงาน  
เป็นกลุ่ม ถือว่าเป็นการฝึกฝนที่ดี แต่ควรให้เวลาเพิ่มให้ ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม  
อีกทั้งการทำงานเป็นกลุ่ม ได้ฝึกทักษะในการสังเกต การจดจำ และ การนำเสนอ โดยเฉพาะการทำงาน  
กระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ เกิดความสามัคคี ในหมู่คณะ

4. นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับ การสะท้อนของคลื่น จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวันนี้ และสิ่งเหล่านั้นมีความสำคัญต่อนักเรียนอย่างไร

จากการสังเกตการทดลองคลื่นที่.....โดยผู้ทดลองทำให้น้ำได้รับ ความรู้ ว่า คลื่นที่.....  
เกิดการสะท้อน จะได้มุมตกกระทบ เท่ากับ มุมสะท้อนเสมอ และ คลื่นที่.....ผ่านสิ่งกีดขวาง  
แล้วเกิดการสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม เป็เหตุนี้ จึงมีความรู้เห็นว่า ทำให้ เราสามารถ.....  
อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ได้ คลื่นที่.....คลื่นเสียง.....

5. นักเรียนต้องการให้ปรับเปลี่ยนกิจกรรมใดหรือไม่ เพราะเหตุใด และควรปรับเปลี่ยนอย่างไร

ต้องการให้มีการปรับเปลี่ยน.....กิจกรรมให้มีความหลากหลาย.....นี้ผู้สอนสอนให้เรารู้ เพราะ.....  
เวลาไม่เพียงพอ ให้มีการปรับเวลาหรือ ทดลอง และ สังเกตสิ่งต่างๆ ควรแก้ไขโดย ใน เวลาที่ว่างให้  
ให้มีการเตรียมความพร้อมก่อนให้เสนอ และ ควรมีการสรุป โดย อาจารย์ ผู้สอน ก่อนการให้เสนอ เป็เหตุนี้  
เพราะ.....

6. นักเรียนจะประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้มาใช้กับชีวิตประจำวันหรือการทำงานอย่างไร

.....ให้ประยุกต์ โดยการให้เหตุผลกับปรากฏการณ์...ทงธรรมชาติของสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิต...  
ประจำวัน...เช่น...ปรากฏการณ์ที่เมื่อไฟกระชากแล้วไฟที่นั่นและลงอยู่กับที่...ไฟหลอดที่สัปดาห์...  
พัดพาไป...และทวงหาไฟหลอด...นั้นสามารถ...ให้...การกระทำอันอื่น...ได้...ใน...  
.....  
.....

7. นักเรียนมีข้อสงสัยอะไรภายหลังการเรียนรู้หรือไม่

.....คือ...เพราะเหตุใดสิ่งที่เห็นตามแสงสว่าง...ยังเกิด...การ...ใน...  
.....  
.....  
.....  
.....

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                      |                                                                                                                                                    |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ - นามสกุล       | นางสาวยุวรี ไชยโพนงาม                                                                                                                              |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | 14 ธันวาคม 2525                                                                                                                                    |
| สถานที่เกิด          | จังหวัดหนองบัวลำภู                                                                                                                                 |
| ประวัติการศึกษา      | - วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พ.ศ. 2548<br>- ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม พ.ศ. 2550 |
| ตำแหน่งปัจจุบัน      | ครู ชำนาญการ                                                                                                                                       |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขต<br>พื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3                                                                         |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ | ทุนการศึกษาระดับปริญญาโทสำหรับ<br>ข้าราชการครู สควค. จากสถาบันส่งเสริม<br>การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ.<br>2553 - 2555                        |