# การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นันทชา อัมฤทธิ์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์
กรกฎาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4”

ของ นางสาวนันทชา อัมฤทธิ์

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

**คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์**

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ............ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

.............................................ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร)

.............................................กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุฒิ เถื่อนถ้ำ)

.............................................กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

อนุมัติ

.............................................

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

22 ก.ค. 2559

ทุนสนับสนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์
และคณิตศาสตร์ (สควค.)

# ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุฒิ เถื่อนถ้ำ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัยในการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ดร.เอก จันต๊ะยอด และครูฟิสิกส์ในโรงเรียนที่เป็นผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบใจนักเรียนห้องเรียนโครงการส่งเสริมความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดามารดาอันเป็นที่รักและเคารพที่สนับสนุน ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ และขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตทุกท่านที่มีส่วนในการแนะนำ ช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

นันทชา อัมฤทธิ์

| | |
|---|---|
| **ชื่อเรื่อง** | การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 |
| **ผู้วิจัย** | นันทชา อัมฤทธิ์ |
| **ประธานที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร |
| **กรรมการที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุฒิ เถื่อนถ้ำ |
| **ประเภทสารนิพนธ์** | วิทยานิพนธ์ กศ.ม. สาขาวิชาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2558 |
| **คำสำคัญ** | ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สะเต็มศึกษา |

## บทคัดย่อ


การวิจัยครั้งนี้ เป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน และศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แนวทางจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง งานและพลังงาน มีลักษณะดังนี้ คือ ขั้นยืนยันปัญหาควรยกสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงานและสามารถบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาได้ อีกทั้งมุ่งเน้นให้นักเรียนอภิปรายกลุ่มและอภิปรายหน้าชั้นเรียน ขั้นชี้แจ้งปัญหาควรใช้คำถามต่อเนื่องจากขั้นก่อนหน้าประกอบกับเปิดโอกาสให้นักเรียนอธิบายสาเหตุผ่านการอภิปรายกลุ่มและอภิปรายหน้าชั้นเรียน นอกจากนี้ นักเรียนต้องได้ทบทวนความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องเพื่อเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและขั้นวางแผน

การสำรอง ผู้สอนควรแสดงอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย แต่ต้องจำกัดจำนวนอุปกรณ์ เพื่อลดปัญหาการลองผิดลองถูก อีกทั้งตรวจสอบการวางแผนของนักเรียนว่าใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ขั้นปรับโครงสร้าง นักเรียนต้องลงมือสร้างแบบจำลองตามที่วางแผนไว้ด้วยตนเอง ในขั้นประเมิน ผู้สอนและนักเรียนควรร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มต้องได้นำเสนอผลงานของตนเอง

เมื่อจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง โดยนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรม อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถแสดงออกได้มากตลอดการจัดการเรียนรู้

| | |
|---|---|
| Title | AN ACTION RESEARCH ON DEVELOPING 10$^{TH}$ GRADE STUDENTS' SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING USING PROBLEM-BASED LEARNING STRATEGIES BASED ON STEM EDUCATION IN THE TOPIC OF WORK AND ENERGY |
| Author | Nanthacha Ammarit |
| Advisor | Assistant Professor Thitiya Bongkotphet, Ph.D. |
| Co - Advisor | Assistant Professor Sarawut Thountom, Ph.D. |
| Academic Paper | Thesis M.Ed. in Physics, Naresuan University, 2015 |
| Keywords | Scientific Problem Solving, Problem Based Learning on STEM Education, STEM Education |

## ABSTRACT

This research is classroom action research. The purposes of this research were to find problem-based learning strategies based on STEM education to suitable with permit scientific problem solving of 10$^{th}$ grade students in work and energy topic and to develop scientific problem solving through problem-based learning strategies based on STEM education in work and energy topic for 10$^{th}$ grade students. The participants were 40 grade 10 students who are in promoting the science, math and technology program in the second semester of 2015 academic year. They were selected by purposive sampling. The research used in this study comprised of the problem-based learning strategies based on STEM education lesson plan, the problem solving ability test, the scientific problem solving skill journal, the learning observation form and the reflection note. The data was analyzed by using percentage mean and content analysis.

The results of the research illustrated that the problem confirmation stage should show the issue with work and energy topic and it can integrate about STEM knowledge. Moreover, teacher should use question to encourage students for define the problem and debates within the group. In the problem clarification stage, teacher should use question to encourage students for explain the reason and debates within the group.

In addition, all students must have the opportunity to review the knowledge on matters related to proposed the ways to solve problems. The planning stage and the contingency plan stage, teacher should shows equipment to students, which should have a variety but limit the number of equipment to reduce the trial and error of students. Teachers should be check plan of students to make sure that students use scientific principles or not. The planning reorganization stage, students have embarked on modeling as planned by themselves. The assessment stage, teacher and students should evaluate student's model of each group based on specified criteria together. Moreover, students should have the opportunity to present their model.

After researcher used problem-based learning strategies based on STEM education found that the scientific problems solving of students has been continuously increased. Students developed all of ability in scientific problems solving. However, the most behavior is the explain solutions all of learning management.

# สารบัญ


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | **บทนำ** | 1 |
| | ความเป็นมาของปัญหา | 1 |
| | คำถามการวิจัย | 5 |
| | วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 6 |
| | ขอบเขตของงานวิจัย | 6 |
| | นิยามศัพท์เฉพาะ | 7 |
| 2 | **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 9 |
| | วิจัยเชิงปฏิบัติการ | 11 |
| | หลักสูตรสถานศึกษา | 23 |
| | ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ | 28 |
| | การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา | 41 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 72 |
| 3 | **วิธีดำเนินการวิจัย** | 77 |
| | รูปแบบการวิจัย | 77 |
| | กลุ่มเป้าหมาย | 78 |
| | บริบทของการวิจัย | 78 |
| | เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 78 |
| | การเก็บรวบรวมข้อมูล | 92 |
| | การวิเคราะห์ข้อมูล | 97 |
| | ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ | 98 |

## สารบัญ (ต่อ)


บทที่ หน้า

4 ผลการวิจัย........................................................................................ 99

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ต่อการพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน.......................................... 99

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน........................................................ 146

5 บทสรุป.............................................................................................. 179

สรุปผลการวิจัย..................................................................................... 179

อภิปรายผล........................................................................................... 183

ข้อเสนอแนะ.......................................................................................... 188

บรรณานุกรม.......................................................................................... 190

ภาคผนวก.............................................................................................. 199

ประวัติผู้วิจัย.......................................................................................... 254

# สารบัญตาราง

ตาราง หน้า


1 แสดงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามรูปแบบของ 1) สถาบันวิจัยแห่งชาติ 2) Billiar, et al. และ 3) ศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ........ 48

2 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจากศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์.......... 50

3 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์........ 51

4 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. เทียบกับการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาและพฤติกรรมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์........ 71

5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ของการวิจัยกับเครื่องมือวิจัย........ 79

6 แสดงการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา........ 82

7 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจร และแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน........ 140

8 แสดงเกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์........ 146

9 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา....... 148

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า


10 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่...................................... 155

11 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล.................................................................. 161

12 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย.......................................................................... 167

13 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา....... 173

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart.. | 19 |
| 2 | แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Calhoun.......................... | 20 |
| 3 | แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Schmuck........................ | 21 |
| 4 | แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer.......................... | 22 |
| 5 | แสดงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของสถาบันวิจัยแห่งชาติ........................ | 44 |
| 6 | แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของ Billiar, et al........................ | 46 |
| 7 | แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ....................... | 48 |
| 8 | แสดงตัวอย่างของวิธีทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน.................................................................... | 55 |
| 9 | แสดงระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา............................................. | 58 |
| 10 | แสดงขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา.................................................................... | 86 |
| 11 | แสดงขั้นตอนการสร้างแบบบันทึกการแก้ปัญหา................................................ | 87 |
| 12 | แสดงขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้............................ | 89 |
| 13 | แสดงขั้นตอนการสร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้.......................................... | 90 |
| 14 | แสดงขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์..... | 92 |
| 15 | แสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล............................................................... | 96 |
| 16 | แสดงการกำหนดปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน.................................... | 151 |
| 17 | แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน.. | 152 |
| 18 | แสดงการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน........... | 153 |
| 19 | แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน............... | 153 |
| 20 | แสดงการทำนายผลการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน....................... | 154 |
| 21 | แสดงการอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน | 156 |
| 22 | แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน.. | 156 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 23 | แสดงการเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน........................... | 157 |
| 24 | แสดงการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน.......... | 158 |
| 25 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองรถไฟเหาะของนักเรียนกลุ่มที่ 1................................. | 159 |
| 26 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองรถไฟเหาะของนักเรียนกลุ่มที่ 2................................. | 159 |
| 27 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองรถไฟเหาะของนักเรียนกลุ่มที่ 3................................. | 160 |
| 28 | แสดงการกำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหาของนักเรียนระดับ 1 คะแนน.. | 162 |
| 29 | แสดงการบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน.......................... | 162 |
| 30 | แสดงการเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน........................... | 163 |
| 31 | แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน............... | 164 |
| 32 | แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน............... | 165 |
| 33 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองบันจี้จัมพ์ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.................................. | 166 |
| 34 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองบันจี้จัมพ์ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.................................. | 166 |
| 35 | แสดงการกำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหาของนักเรียนระดับ 1 คะแนน.. | 168 |
| 36 | แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน.. | 168 |
| 37 | แสดงการเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน........................... | 169 |
| 38 | แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน............... | 170 |
| 39 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองรอกอย่างง่ายของนักเรียนกลุ่มที่ 1............................. | 171 |
| 40 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองรอกอย่างง่ายของนักเรียนกลุ่มที่ 2............................. | 171 |
| 41 | แสดงตัวอย่างแบบจำลองรอกอย่างง่ายของนักเรียนกลุ่มที่ 3............................. | 172 |
| 42 | แสดงการกำหนดปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน................................... | 175 |
| 43 | แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน.. | 176 |
| 44 | แสดงการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน........... | 177 |
| 45 | แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน............... | 177 |
| 46 | แสดงการทำนายผลการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน....................... | 178 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาของปัญหา

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นการแก้ปัญหาที่อยู่ในระดับสูงและใช้ได้ผลที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปัญหาที่มีความยากและสลับซับซ้อน (สมจิต สวธนไพบูลย์, 2526, หน้า 8) และถือเป็นความสามารถที่มีความสำคัญอย่างมากในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจมากขึ้น ทั้งในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพต่างๆ ตลอดจนนำวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ เพื่อพัฒนาเป็นเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, หน้า 1) ส่งผลให้วิถีชีวิต สภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ปัญหาและสถานการณ์ในปัจจุบันและอนาคตจึงมีความซับซ้อน มากขึ้นตามลำดับ (พรรณพร นามโนรินทร์, 2554, หน้า 1) ซึ่งจำต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาแก้ไข (Mayer, 2003 as cited in Greiff, Holt and Funke, 2013, p.72) ดังนั้น หากทุกคนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมจะสามารถประสบความสำเร็จในศตวรรษที่ 21 ได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผลคุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อมชีวิต

นักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังคงขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังเห็นได้จากการประเมินผลทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติที่สามารถยืนยันได้ว่านักเรียนไทยมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ตามที่องค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ หรือ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) ได้จัดโครงการประเมินผลการเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในปี 2003 ที่มุ่งประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาบนพื้นฐานความรู้วิทยาศาสตร์โดยแบ่งระดับการวัดเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง ระดับปานกลาง ระดับพื้นฐาน และระดับต่ำ ผลการทดสอบ พบว่า นักเรียนไทยที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาระดับปานกลางขึ้นไปมีไม่ถึง 20% ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาไม่เกินระดับพื้นฐานมีจำนวนมากถึง 81%

ในจำนวนนี้ครึ่งหนึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาไม่ถึงระดับพื้นฐานหรืออยู่ในระดับต่ำนั่นเอง ซึ่งจัดเป็นกลุ่มเสี่ยงที่อาจประสบความยุ่งยากในชีวิตการทำงานหรือการศึกษาต่อในระดับสูง (สุนีย์ คล้ายนิล, 2549, หน้า 6) สอดคล้องกับผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ของ TIMSS ปี 2011 ที่วัดความรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่านักเรียนไทย ส่วนใหญ่ทำคะแนนในด้านความรู้ได้สูงกว่าด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยเฉพาะพฤติกรรม ด้านการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหาที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยรวม อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับต่ำ และมีแนวโน้มจะลดลงเรื่อยๆ ในแต่ละปี (โครงการ TIMSS 2011 Thailand กระทรวงศึกษาธิการ, 2556, หน้า 19)

ผลการประเมินในประเทศไทยก็แสดงให้เห็นถึงการขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย ดังเช่น การทดสอบความถนัดทางวิทยาศาสตร์ (Professional Aptitude Test หรือ PAT 2) เป็นการทดสอบความสามารถทางวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ การอ่านทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งดำเนินการสอบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง ผลการประเมินในปี 2555 พบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 91.59 และครั้งที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 88.27 จาก 300 คะแนน ซึ่งยังไม่ถึงครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม และผลการประเมินในปี 2556 พบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 86.20 และครั้งที่ 2 มี คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 96.63 จาก 300 คะแนน อีกทั้ง ผลการประเมินในปี 2557 ครั้งที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 89.84 และครั้งที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 93.51 จาก 300 คะแนน จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของการสอบแต่ละครั้งอยู่ในระดับต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม และผลของการสอบความถนัดทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มลดลง (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2555, หน้า 53; สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556, หน้า 48; สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2557, หน้า 54) ข้อมูลเหล่านี้ช่วยยืนยันว่านักเรียนไทยยังขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

นอกจากผลการประเมินระดับนานาชาติและระดับชาติข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้เครื่องมือวิจัยทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาและแบบบันทึกผลการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งผู้วิจัยเก็บข้อมูลระหว่างจัดการเรียนรู้โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มการออกแบบการทดลองจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้จำนวน 2 การทดลอง การทดลองแรกมุ่งให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรง

สู่ศูนย์กลางกับคาบการเหวี่ยง และการทดลองที่สองมุ่งให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีกับคาบการเหวี่ยง ซึ่งในระหว่างดำเนินการทดลองนักเรียนจะได้บันทึกผลการออกแบบและผลลัพธ์ลงในแบบบันทึกผลการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ส่วนแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้นำมาใช้ประกอบการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างที่ดำเนินการออกแบบการทดลองทั้งสองกิจกรรมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จากนั้น นำผลการสังเกตและผลการทดลองของนักเรียนมาวิเคราะห์พบว่า นักเรียนทั้งหมดสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ แต่ร้อยละ 62.5 ของนักเรียนทั้งหมดตั้งสมมติฐานไม่ได้ ต้องได้รับคำแนะนำจากครูผู้สอนจึงจะสามารถตั้งสมมติฐานได้อย่างถูกต้อง และนักเรียนร้อยละ 75 ไม่สามารถเสนอวิธีการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานด้วยตนเองได้ ทำให้ไม่สามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมาดำเนินทดลองได้ นอกจากนี้ นักเรียนทั้งหมดนำวิธีการที่เหมาะสมมาปฏิบัติจริงไม่ได้ จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพบว่า ถึงแม้นักเรียนจะได้ทำการทดลองหรือแก้ปัญหาการทดลองในการจัดการเรียนรู้ปัจจุบัน แต่นักเรียนไม่มีโอกาสตั้งสมมติฐานและแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพราะนักเรียนมักจะทำการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในใบการทดลองที่ครูแจกให้ นักเรียนจึงไม่ได้ฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร ส่งผลให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอน ในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานที่เป็นครูชำนาญการพิเศษและสอดคล้องกับผลการประเมินทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ไม่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนความรู้ความสามารถระหว่างโรงเรียนและชีวิตประจำวัน การบูรณาการเนื้อหาความรู้ที่ไม่สอดคล้อง และการให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหามากเกินไป เป็นสาเหตุให้นักเรียนขาดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ภายในโรงเรียนในช่วงระยะที่ผ่านมาไม่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอนความรู้ความสามารถระหว่างโรงเรียนและชีวิตประจำวัน (Baumert, Evans and Geiser, 1998, p.987) แต่เป็นการจัดการเรียนรู้แบบถ่ายทอดความรู้จากครูสู่นักเรียนที่เน้นการบอกให้ท่อง จด และจำ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องเน้นการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง การทดลอง การบูรณาการและการปฏิบัติจริง (จันทร์จิรา พีระวงศ์, 2553, หน้า 2) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาแบบเดิมมักจะให้ความสำคัญกับลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา

มากกว่าที่จะให้ความสำคัญกับการบูรณาการองค์ความรู้ที่สอดคล้องและจำเป็นต่อการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอน ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Taconis, Ferguson-Hessler and Broekkamp, 2001, p.443) เนื่องจากในความเป็นจริงการบูรณาการองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ มีความสำคัญมากกว่าลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง ดังนั้น ครูควรปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้แบบเดิมมาเป็นการบูรณาการเนื้อหาความรู้อย่างสอดคล้องกับชีวิตประจำวันและมุ่งเน้นการปฏิบัติจริง เพราะเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lind, 2000 as cited in Ünal and Aral, 2014, p.280)

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ อย่างสอดคล้อง โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา รวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน (Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian, 2013 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 84) และเป็นแนวการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติจริงควบคู่กับการพัฒนาความสามารถในการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา และหาข้อมูลจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ แล้วนำข้อค้นพบใหม่ๆ มาวิเคราะห์พร้อมทั้งนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (Bodger, 2010, p.30) ดังนั้น การบูรณาการความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาความสามารถการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ อีกทั้งช่วยเพิ่มโอกาสการทำงานและสร้างความแข็งแกร่งของเศรษฐกิจให้กับประเทศได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 51) นอกจากนี้ เนื่องด้วยสะเต็มศึกษาไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านอื่นที่นอกเหนือไปจากความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วน อันได้แก่ ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ รวมไปถึงมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น (Cotabish, et al., 2013, p.215)

สะเต็มศึกษามีแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายกับการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) กล่าวคือผู้เรียนมุ่งแก้ปัญหาและแสวงหาความรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่เป็นตัวกระตุ้น แต่การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะใช้ความรู้ภายในศาสตร์ที่ศึกษาเท่านั้น (อภิชัย เหล่าพิเดช และอรพิณ ศิริสัมพันธ์, 2556, หน้า 760) ซึ่งไม่เพียงพอต่อการเชื่อมโยงและบูรณาการความรู้เพื่อแก้ปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อน (Tan, 2004 as cited in Lou, et al.,

2011, p.197) หรือหากมีการบูรณาการก็เป็นการบูรณาการที่ไม่เจาะจงศาสตร์หรือสาขาวิชา ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนจัดลำดับความรู้ได้ยาก ดังนั้นการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานที่ บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จะช่วยพัฒนาความสามารถในการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Heylen, et al., 2007, p.375) โดยเฉพาะในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (Michele, et al., 2009 as cited in Lou, et al., 2011, p.194) นอกจากนี้ Lou, et al. (2011, p.198) มีความเห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานเหมาะสำหรับแนวคิดสะเต็มศึกษา เพราะหลังจากทำการสำรวจผลกระทบของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาสะเต็มศึกษาต่อทัศนคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในไต้หวันพบว่า การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนได้ และยังทราบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานที่มีการบูรณาการในสาขาวิชาสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมนักเรียนให้แก้ปัญหาต่างๆ ทีละขั้นตอนและนำไปสู่ความสำเร็จ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษามาจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาผ่านการบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการใช้ปัญหาในเรื่องที่เกี่ยวของกับงานและพลังงานทางฟิสิกส์ระหว่างจัดการเรียนรู้ เนื่องจากงานและพลังงานถือเป็นเนื้อหาที่สำคัญในวิชาฟิสิกส์ และมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งต่างๆ ในชีวิตประจำวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554, หน้า 2) เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานกลและการเปลี่ยนรูปพลังงาน ฉะนั้นการใช้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน มาจัดการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหาได้อย่างชัดเจน และเมื่อนักเรียนเห็นความสำคัญดังกล่าวจะเกิดแรงจูงใจเพื่ออยากจะแก้ปัญหานั้นๆ

จากสภาพปัญหาและแนวคิดดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน

**คำถามการวิจัย**

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ควรเป็นอย่างไร

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน อย่างไร

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน

**ขอบเขตของงานวิจัย**

**กลุ่มเป้าหมาย**

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนโครงการส่งเสริมความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนวิทยาศาสตร์ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 40 คน

**เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย**

เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ว30207 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งมีรายละเอียดของเนื้อหา ดังนี้

1. พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่
2. กฎการอนุรักษ์พลังงานกล
3. เครื่องกลอย่างง่าย

**ระยะเวลาในการวิจัย**

ผู้วิจัยทำการวิจัยโดยใช้เวลาดำเนินการทั้งหมด 14 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

**ตัวแปรที่ศึกษา**

1. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

**ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล ที่ได้จากประสบการณ์การเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ โดยนักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการแก้ปัญหาทั้งหมด 5 พฤติกรรม ดังนี้

1. กำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหา คือ อธิบายได้ว่าอะไรคือปัญหาของสถานการณ์ และอะไรคือความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์

2. ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา คือ ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาดังกล่าวได้อย่างสอดคล้อง โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล

3. เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา คือ นักเรียนจะต้องสามารถการอธิบายหรือวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล มาเป็นพื้นฐานในการเสนอวิธีแก้ปัญหา

4. เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม คือ นักเรียนสามารถพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์มากที่สุดได้

5. นำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา คือ การนำวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมาปฏิบัติ หรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้นหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดไปปฏิบัติ

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์วัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา

**การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาที่มีการบูรณาความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันหรือปัญหาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ และต้องการหาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม ในขณะที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. (2010, p.199) ที่มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้ว พบว่า แบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

# บทที่ 2

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. วิจัยเชิงปฏิบัติการ
   - 1.1 ความเป็นมาของการวิจัยปฏิบัติการ
   - 1.2 ความหมายและจุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
   - 1.3 ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา
   - 1.4 ประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
   - 1.5 กระบวนการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
2. หลักสูตรสถานศึกษา
   - 2.1 วิสัยทัศน์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 2.2 หลักการ
   - 2.3 จุดหมาย
   - 2.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
   - 2.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน
   - 2.6 เป้าหมายการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์
   - 2.7 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงาน
   - 2.8 คำอธิบายรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1
   - 2.9 ผลการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของปัญหา
   - 3.2 ประเภทของปัญหา
   - 3.3 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

3.4 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3.5 กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3.6 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหา

3.7 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3.8 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

4. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา

4.1 สะเต็มศึกษา

4.1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

4.1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

4.1.3 วิศวกรรมและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในสะเต็มศึกษา

4.1.4 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิศวกรรมในสะเต็ม ศึกษา

4.1.5 เทคโนโลยีตามแนวทางของสะเต็มศึกษา

4.1.6 การบูรณาการของสะเต็มศึกษา

4.2 การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

4.2.1 ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

4.2.2 ความหมายการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.3 ลักษณะของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.3 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

5.1.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

5.2.1 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา

5.2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

**วิจัยเชิงปฏิบัติการ**

**1. ความเป็นมาของการวิจัยปฏิบัติการ**

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558, หน้า 32) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ (The Action Research) มีจุดกำเนิดมาจากการแสวงหาแนวทางแก้ไขปัญหาสังคมของ เคิร์ต เลวิน (Kurt Lewin) นักจิตวิทยาสังคมชาวอเมริกา ที่ต้องการจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และเพื่อปรับปรุงคุณภาพของความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ โดยอาศัยแนวความคิดสำคัญ 2 ประการ คือ การร่วมกันตัดสินใจของกลุ่มและความตั้งใจที่จะทำการปรับปรุง ในส่วนของวงการศึกษานั้นอาจกล่าวได้ว่า สตีเฟน เอ็ม โคเรย์ (Stephen, M. Corey) จากมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย สหรัฐอเมริกา เป็นผู้นำการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้กับการจัดการการศึกษาเป็นบุคคลแรกในลักษณะของการปรับปรุงหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้

ค.ศ. 1967-1972 ลอว์เรนซ์ สเต็นเฮ้าส์ (Lawrence Stenhouse, n.d. อ้างอิงใน วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์, 2558, หน้า 33) แห่งมหาวิทยาลัยอีท แองเกรีย (East Anglia) ซึ่งเป็นผู้อำนวยการโครงการ Humanities Curriculum Project ได้กระตุ้นให้ครูผู้สอนนำวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้กับการจัดการศึกษา เพื่อมุ่งเปลี่ยนสภาพของครูจากการเป็นผู้สอนตามปกติให้เป็นครูในฐานะนักวิจัย

ค.ศ. 1973-1975 จอห์น เอลเลียต และเคล็ม อเดลแมน (John Elliott and Clem Adelman, n.d. อ้างอิงใน วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์, 2558, หน้า 34) ได้นำวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในโครงการ Ford Teaching Project โดยให้ครูได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน แล้วนำผลการปฏิบัติงานมาแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับคนอื่นๆ โดยใช้วิธีการติดตามผลการกระทำที่เกิดจากช่องว่างระหว่างความคาดหวังกับการปฏิบัติงานจริงของครู สำหรับเป็นแนวทางช่วยเหลือครูให้ได้ทำการพัฒนาการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และสืบสวนสอบสวนในชั้นเรียน และเน้นการปฏิบัติงานด้วยการควบคุมตนเองหรือด้วยกลุ่มมากกว่าการใช้ผู้ควบคุมคุณภาพมาจากภายนอก

ค.ศ. 1982 สตีเฟ่น เคมมิส และแม็คทากการ์ท (Kemmis and McTaggart, 1988, p.11) ได้ทำการนำเสนอกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น และเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในรูปของวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (The Action Research Spiral) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (plan) การปฏิบัติ (act) การสังเกต (observe) และการสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflect) ซึ่งเมื่อครบวงจรหนึ่งๆ จะพิจารณาปรับปรุงแผน (Re-planning) เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะบรรลุความสำเร็จตามวัตถุประสงค์

## 2. ความหมายและจุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนากันอย่างแพร่หลาย ทั้งในภาครัฐและเอกชน ซึ่งมีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ดังต่อไปนี้

นักวิชาการต่างชาติ เช่น เมอร์ทเลอร์ (Mertler, 2014, p.4) แมคคัทเชียน และจูค (McCutcheon and Jurg, 1990, p.148) ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ดำเนินการอย่างเป็นระบบเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสอนและการเรียนรู้มาปรับปรุงและพัฒนาตัวผู้วิจัยเอง โดยผู้วิจัย ได้แก่ ครู ผู้บริหาร ผู้ให้คำปรึกษา และบุคคลอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการสอนและกระบวนการเรียนรู้ หรือบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในสภาพแวดล้อมนั้นๆ นั่นคือ ผู้วิจัยทุกคนต้องร่วมมือกันสะท้อนตนเองโดยใช้วิจารณญาณ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการศึกษาสภาพห้องเรียนของตนเอง เช่น วิธีการจัดการเรียนรู้ของครู พฤติกรรมของนักเรียน และการประเมินผล จากนั้น ทำความเข้าใจสิ่งที่ศึกษาและพยายามปรับปรุงคุณภาพหรือประสิทธิภาพ ผลที่ได้กลับมาคือการเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพต่อตัวผู้วิจัย อีกทั้งเพิ่มประโยชน์ให้กับผู้ประกอบการ

นักวิชาการในประเทศไทย เช่น องอาจ นัยพัฒน์ (2548, หน้า 338) และวีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558, หน้า 31) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน องค์กร หรือชุมชน โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อแสวงหาข้อเท็จจริงต่างๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนำผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบหรือสรรค์สร้างขึ้นไปใช้ปรับปรุงแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ หรือพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงานได้อย่างทันต่อเหตุการณ์และสอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งกลมกลืนกับโครงสร้างการบริหารงาน ตลอดจนบริบททางด้านสังคมและวัฒนธรรมและด้านอื่นๆ ที่แวดล้อมหรือเกิดขึ้นในสถานที่เหล่านั้น โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลายๆ ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ผู้วิจัยและบุคคลที่เกี่ยวข้องในสภาพแวดล้อมนั้นๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุง และพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงาน ซึ่งจะดำเนินการอย่างเป็นระบบ แบบแผนโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. **ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา**

ในช่วงหลายปีมานี้ นักวิชาการหลายท่านพยายามที่จะระบุลักษณะเฉพาะและความแตกต่างจากวิธีการวิจัยแบบอื่นๆ ดังต่อไปนี้

คารร์ และเคมมิส (Carr and Kemmis, 1986, p.164) กล่าวถึง ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ว่า เป็นการวิจัยที่ผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมดำเนินการร่วมกันภายใต้การทำงานแบบประชาธิปไตย โดยผู้ที่เกี่ยวข้องจะต้องมีความเต็มใจที่จะเข้ามามีส่วนร่วม และในขณะดำเนินการวิจัยอาจเกิดความขัดแย้ง ฉะนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่นักวิจัยและผู้เกี่ยวข้องจะต้องได้รับความไว้วางใจซึ่งกันและกัน และยอมรับกฎระเบียบสำหรับการควบคุมของข้อมูลและการทำงานของพวกเขา นอกจากนี้ การวิจัยเชิงปฏิบัติการจะนำไปสู่วิทยาศาสตร์สังคมและการเปลี่ยนแปลงทางสังคม

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537, หน้า 11-15) ให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษาไว้ 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ กล่าวคือ ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม โดยผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียมกันในทุกกระบวนการของการวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติการ ตลอดจนการวางนโยบายการวิจัย

2. เป็นการวิจัยที่เน้นการปฏิบัติการ การวิจัยชนิดนี้ต้องปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและศึกษาผลของการปฏิบัติการเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา

3. เป็นการวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ กล่าวคือมีกิจกรรมการวิเคราะห์ การปฏิบัติอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผลเพื่อการปรับแผนการปฏิบัติการ

4. เป็นการใช้วงจรการปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and Mctaggart คือ การวางแผน การปฏิบัติการ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติการ ตลอดจนการปรับปรุงผลเพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไป จนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจและได้ข้อเสนอเชิงทฤษฎีเพื่อเผยแพร่ต่อไป

องอาจ นัยพัฒน์ (2548, หน้า 335-336) ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 8 ประการ ดังต่อไปนี้

1. เกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านการปฏิบัติงานที่ผู้ปฏิบัติงานระดับล่างมักจะประสบในขณะทำงานอยู่ประจำหรือปฏิบัติหน้าที่อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละวันมากกว่าที่จะเกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านทฤษฎี ซึ่งได้รับการนิยามหรือกล่าวถึงโดยนักวิจัยบริสุทธิ์ในสาขาวิชาที่ความรู้ใดๆ โดยเฉพาะ

2. มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อการทำความเข้าใจต่อสภาพปัญหาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของครูหรือผู้บริหารการศึกษาอย่างลุ่มลึกและกระจ่างชัด ภายใต้กระบวนการตรวจสอบในลักษณะสะท้อนกลับที่นักวิจัยได้ลงมือกระทำลงไปอย่างวิพากษ์วิจารณ์ อันจะนำไปสู่การได้แนวทางปฏิบัติการสำหรับใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทแวดล้อมสำหรับการดำเนินงานในลำดับต่อไป นอกจากนี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน รวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานมากกว่าการมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรค์องค์ความรู้เชิงวิชาการอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นการเฉพาะ

3. มุ่งเน้นการตีความหมายสภาวการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นตามความคิดเห็นของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง มากกว่าการอาศัยแนวคิดทฤษฎี กฎ หรือหลักการของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าท่าทางการกระทำ การติดต่อสื่อสาร หรือพฤติกรรมใดๆ ของมนุษย์ทั้งที่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดหรือไม่เห็นเด่นชัดในสภาวการณ์ของปัญหาหนึ่งๆ สามารถตีความหมายและสรุปได้ นักวิจัยไม่สามารถตีความหมายพฤติกรรมหรือการกระทำของบุคคลใดๆ ได้เลย ถ้าปราศจากการพิจารณาบริบทแวดล้อมพฤติกรรมนั้นๆ มาประกอบด้วย

4. เสนอผลการวิจัยในรูปแบบเรียบง่าย กล่าวคือรายงานผลการศึกษาวิจัยด้วยถ้อยคำและสำนวนในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำศัพท์เฉพาะสาขาวิชา (technical term) และภาษาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรม เพื่อให้ง่ายต่อการติดตามและทำความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้คำอธิบายเกี่ยวกับผลการวิจัยตลอดจนกระบวนการวิจัยอื่นๆ สามารถตรวจสอบความตรงได้จากการสนทนาแบบเป็นกันเองกับผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในทุกระยะของกระบวนการวิจัย

5. มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ภายใต้บรรยากาศการมีส่วนร่วม การร่วมมือร่วมใจ การเชื่อถือและไว้วางใจ การเป็นมิตร รวมทั้งความเป็นอิสระและความเสมอภาคในการแสดงความคิดเห็น

6. ผ่อนคลายความเข้มงวดเกี่ยวกับระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่ยึดติดอยู่ภายใต้กรอบการจัดกระทำทางการทดลองและการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนอย่างเคร่งครัดแบบตายตัวด้วยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Design) หรือวิธีการทางสถิติใดๆ แนวคิดพื้นฐานดังกล่าวนี้ไม่ได้หมายความว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการละเลยหรือมองข้ามความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าด้วยการอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากแต่ปรับวิธีการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการดังกล่าวให้กลมกลืนหรือสอดคล้องกับลักษณะของปัญหาและสภาวการณ์ต่างๆ รวมทั้งบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการ

แสวงหาความรู้ความจริง ด้วยเหตุนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปอาจเลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณที่อาศัยแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Design) หรือการวิจัยเชิงคุณภาพ

7. ไม่เน้นการสรุปอ้างอิงผลการศึกษาวิจัยข้ามไปยังบริบทอื่น นั่นคือการสรุปอ้างผลการวิจัยหรือการขยายผลการวิจัยให้ครอบคลุมไปยังห้องเรียนหรือโรงเรียนอื่นๆ ที่มีที่ตั้งหรือบริบทแตกต่างไปจากที่ทำการวิจัยจริง มีลักษณะค่อนข้างจำกัดกว่าการวิจัยเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่สามารถอาศัยกฎของความครอบคลุมตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์หรือการอ้างอิงเชิงสาเหตุได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติโดยทั่วไป การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จึงมีแนวโน้มกระทำได้เฉพาะในขอบเขตของสถานที่ บุคคล และเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการขยายผลของการวิจัยให้ครอบคลุมข้ามไปยังขอบเขตอื่นก็สามารถกระทำได้ ถ้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในบริบทเหล่านั้นมีลักษณะคล้ายคลึงหรืออยู่ในสภาวการณ์ที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งได้รับการยืนยันจากผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ประกอบด้วย

8. สร้างดุลยภาพและความเสมอภาคระหว่างทัศนะของบุคคลภายในและภายนอก นักวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกของสถานที่ทำการศึกษาวิจัย มีบทบาทสำคัญ 2 ประการ คือ บุคคลภายในมีบทบาทเป็นทั้งผู้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ปกติและเป็นนักวิจัยปฏิบัติการในสถานที่ทำงานของตนเอง ในขณะที่บุคคลภายนอกมีบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ให้คำปรึกษาทางวิชาการให้กับบุคคลภายในและเป็นนักวิจัยเชิงปฏิบัติการเช่นเดียวกับบุคคลภายใน นักวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้งที่เป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกจะต้องปรับบทบาทของตนเองให้มีดุลยภาพทางแนวความคิด ความเชื่อ และการปฏิบัติอยู่เสมอในแต่ละสภาวการณ์ นอกจากนี้จะต้องสร้างความเสมอภาคทางความคิดเห็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การดำเนินกิจกรรมการวิจัย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดหรือความสับสนระหว่างบทบาทเหล่านั้นในขณะปฏิบัติงานวิจัย

พินันทร์ คงคาเพชร (2552, หน้า 8-9) อธิบายลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ดังต่อไปนี้

1. เป็นการวิจัยเชิงอัตวิพากษ์ (self-reflective inquiry) คือ การมองสะท้อนภาพสถานการณ์หรือปัญหาที่เผชิญอยู่ ทำความเข้าใจในธรรมชาติของปัญหานั้นๆ ให้กระจ่าง เพื่อค้นหาวิธีการแก้ไขหรือเพื่อเปลี่ยนแปลงให้ดีกว่าเดิม “เป็นการใช้กระบวนการวิจัยเพื่อการศึกษาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับตนเองและทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง”

2. เป็นการวิจัยที่ดำเนินการโดย "คนใน" ซึ่งเป็นผู้มีส่วนร่วมรับผลโดยตรงในหน่วยงานหรือชุมชนนั้น เช่น การส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบุรี ผู้วิจัยจะเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็นผู้ที่มีความรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น หรือหน่วยงานราชการของจังหวัดที่มีส่วนสนับสนุน เป็นต้น

3. การวิจัยชนิดนี้เป็นการวิจัยที่มีการทดสอบวิธีการปฏิบัติจริง ในสถานที่จริงและทำการวิเคราะห์ผลสรุปผลของการปฏิบัติการโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเอง

4. เป็นการวิจัยที่มุ่งหวังให้เกิดการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงวิธีการปฏิบัติในหน่วยงานนั้นๆ โดยตรง ซึ่งมุ่งผลในการปฏิบัติอย่างแท้จริง เพื่อการพัฒนาตามแนวทางใดแนวทางหนึ่ง คือ การปรับวิธีการเดิมให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ผลที่คาดหวังจากการวิจัยเช่นนี้จะไม่ใช่การพัฒนาความรู้เชิงวิชาการแต่เป็นการได้ความรู้และวิธีการปฏิบัติที่ใช้ได้จริงสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

จากที่กล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นการปฏิบัติงานแบบร่วมมือเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ประสบ โดยผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้ปฏิบัติงานและตัดสินใจร่วมกันเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแผนการปฏิบัติการที่เหมาะสม ซึ่งรูปแบบการดำเนินการสามารถยืดหยุ่นได้และไม่เข้มงวด เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยควรเสนอผลการวิจัยในรูปแบบที่เรียบง่ายและเข้าใจง่าย สิ่งที่สำคัญ คือ การวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่นิยมสรุปอ้างอิงผลไปยังบริบทอื่นๆ

**4. ประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ**

ความสับสนที่พบบ่อยเมื่อได้ยินคำว่า "การวิจัยเชิงปฏิบัติการ" คือ ความแตกต่างของการวิจัยเชิงปฏิบัติการขึ้นอยู่กับผู้เข้าร่วมและผู้ที่เกี่ยวข้องหรือไม่ การวิจัยสามารถดำเนินการคนเดียวได้หรือไม่ หรือเป็นกลุ่มคนที่ทำงานเกี่ยวกับปัญหาที่พบ หรือทีมงานที่มุ่งเน้นไปที่ปัญหาเดียวกัน ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านจึงระบุประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้อย่างหลากหลายดังต่อไปนี้

เฟอร์เรนซ์ (Ferrance, 2000, pp.3-4) ได้ทำการจัดประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ทั้งหมด 4 ประเภท ดังนี้

1. การวิจัยแบบเดี่ยว (Individual teacher research) มักจะมุ่งเน้นไปที่ประเด็นเดียวในห้องเรียน ครูอาจจะกำลังมองหาปัญหาของการจัดการเรียนรู้ กลยุทธ์การใช้วัสดุ หรือเรียนรู้ของนักเรียน ครูอาจได้รับการสนับสนุนจากผู้อำนวยการ อาจารย์ผู้สอนในหลักสูตรนั้น หรือพ่อแม่ผู้ปกครอง ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งหนึ่งที่เห็นได้ชัดในห้องเรียนและปัญหาที่สามารถได้รับการแก้ไขได้ในแต่ละบุคคล ข้อเสียของการวิจัยแบบนี้คือ จะไม่ได้รับความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น ยกเว้นแต่

ครูเลือกที่จะนำเสนอผลการวิจัยในที่ประชุม หรือมีการจัดให้นำเสนออย่างเป็นทางการใน ที่ประชุม หรือส่งเนื้อหาที่เขียนจะขอความร่วมมือให้วารสาร

2. การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบร่วมมือ (Collaborative action research) หรือเรียกว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบรวมพลังเป็นสร้างการเชื่อมต่อกันระหว่างงานวิจัยและทฤษฎีเข้ากับการปฏิบัติงาน โดยดำเนินการจารครูตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ซึ่งปัญหาที่จะทำการวิจัยอาจเป็นปัญหาของห้องเรียนเดียวหรือหลายห้องเรียน ฉะนั้นกระบวนการทำงานวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบนี้จะทำให้เกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน เกิดความสัมพันธ์แบบร่วมมือ และเกิดการสื่อสารที่ดีระหว่างครูในสถานศึกษา และคนภายนอกเช่น อาจารย์ที่เป็นนักวิจัยในมหาวิทยาลัย ผู้ปกครอง ผู้บริหาร เป็นต้น ตัวอย่างเช่นบทบาทของอาจารย์จากภายนอกไม่ใช่เพียงแค่เข้ามาเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนเท่านั้น แต่ควรเข้ามาร่วมทำโครงการวิจัยกับครูและฝ่ายต่างๆ ในโรงเรียน

3. การวิจัยในโรงเรียน (School-wide research) มุ่งไปที่ปัญหาที่พบทั่วไป ตัวอย่างเช่น โรงเรียนอาจจะมีความกังวลเกี่ยวกับการขาดการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการทำกิจกรรม และกำลังมองหาวิธีที่จะเข้าถึงผู้ปกครองมากขึ้นที่ หรือโรงเรียนอาจจะมุ่งไปยังโครงสร้างขององค์กร โดยทีมงานจากโรงเรียนจะทำงานร่วมกันเพื่อจำกัดขอบเขตคำถาม รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และตัดสินใจวางแผนดำเนินการ ดังนั้น การทำงานเป็นทีมจึงเป็นสิ่งสำคัญ

4. การวิจัยในระดับชุมชน (District-wide research) มีความซับซ้อนและใช้ทรัพยากรจำนวนมาก แต่ได้ผลการพัฒนาทีดี ปัญหาในระดับชุมชนอาจเป็นปัญหาของสังคมในองค์กร ประสิทธิภาพขององค์กร หรือกระบวนการทำงานขององค์กร ตำบลอาจเลือกที่จะแก้ไขปัญหาร่วมกันหลายโรงเรียนหรือหนึ่งองค์กรการจัดการ ข้อเสียคือต้องมีการสื่อสารและเอกสารอย่างเป็นทางการ เพื่อที่จะสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง การเก็บรวบรวมข้อมูลต้องได้รับความร่วมมือจากพนักงานหลาคนที่ เพื่อจำกัดเวลาการทำงาน แต่มีข้อดีคือการมีส่วนร่วมของหลายหน่วยงานหรือองค์กรทำให้สามารถยืมพลังในการประมวลผลและสร้างสภาพแวดล้อมของผู้มีส่วนได้ดีกว่าวิจัยแบบอื่นๆ

พินันทร์ คงคาเพชร (2552, หน้า 6) อธิบายถึงประเภทของการวิจัย เชิงปฏิบัติการไว้ทั้งหมด 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. การวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นวิธีการ (Technical action research) การวิจัยปฏิบัติการในรูปแบบนี้จะดำเนินการโดยบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีประสบการณ์สูงหรือมี ความเชี่ยวชาญในศาสตร์แขนงนั้นๆ โดยมีเป้าประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิผลและประสิทธิภาพของการปฏิบัติงาน ซึ่งรูปแบบการวิจัยนี้ครูจะเป็นเพียงผู้ปฏิบัติ และอยู่ภายใต้การควบคุมของนักวิจัย

จากภายนอกที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ จึงทำให้ครูไม่ค่อยมีบทบาทในการคิดเท่าที่ควร เพราะถูกวางกรอบความคิดโดยนักวิจัยภายนอก วิธีการวิจัยต่างๆ จะเกิดจากนักวิจัยภายนอกเท่านั้น จึงมีการเน้นวิธีการวิจัยที่ตอบคำถามการวิจัยได้อย่างถูกต้องและรัดกุม การวิจัยประเภทนี้มีผลทำให้เกิดการสะสมความรู้เพิ่มขึ้น และการให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความตรงและการทำให้ทฤษฎีที่มีอยู่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ผลที่ตามมาอาจทำให้ข้อค้นพบที่ได้ไม่ได้เกิดจากการปฏิบัติการในสภาพจริง แต่อยู่ในสภาพจัดกระทำที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม

2. การวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นการปฏิบัติจริง (Practical action research) เป็นการวิจัยที่มีนักวิจัยภายนอกร่วมทำวิจัยในฐานะของที่ปรึกษาด้านกระบวนการทำงาน ซึ่งมีเป้าหมายของการวิจัยคือเพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการทำงาน นอกจากนี้ยังมุ่งสร้างความเข้าใจและพัฒนาวิชาชีพให้กับผู้ปฏิบัติงาน โดยเน้นที่การตัดสินใจของผู้วิจัยเองที่มุ่งเพื่อให้เกิดสิ่งที่ช่วยพัฒนาตนเองและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งรูปแบบของการทำวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นปฏิบัติจริงนั้นจะเป็นการทำงานร่วมกันเพื่อกำหนดปัญหาและใช้วิธีการทำวิจัยร่วมกันระหว่างนักวิจัยภายนอกและครู หรือผู้ปฏิบัติงาน โดยมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าซึ่งเกิดขึ้นจริง

3. การวิจัยปฏิบัติการแบบเป็นอิสระ (Emancipatory action research) การวิจัยประเภทนี้ มีการส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมของนักวิจัยภายนอกและผู้ปฏิบัติงานจริงอย่างชัดเจน โดยมีเป้าหมายการวิจัยเพิ่มเติมนอกเหนือจากการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและสร้างความเข้าใจให้กับผู้ปฏิบัติงานแล้วนั้น ยังเน้นไปที่การวิจัยเพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบการทำงานที่มีอยู่เดิมในองค์กร หรือสถานศึกษาให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย ซึ่งการวิจัยประเภทนี้ทั้งนักวิจัยภายนอกและผู้ปฏิบัติงานในสถานศึกษาต่างมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็นและเสนอแนะการทำวิจัยอย่างเท่าเทียมกัน เป็นลักษณะการทำงานแบบร่วมมือกันโดยใช้แนวทางการวิพากษ์เป็นฐาน ไม่มีการยึดติดกับกรอบ

จากประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การแบ่งประเภทการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะแบ่งตามผู้เกี่ยวข้องหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นหลัก ซึ่งแต่ละประเภทก็จะมีลักษณะเฉพาะและจุดประสงค์การทำงานที่แตกต่างกัน

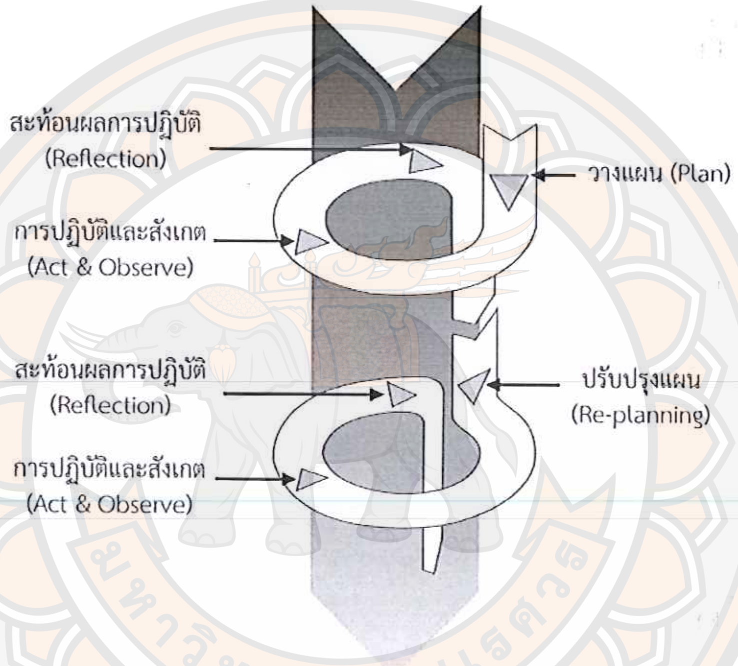
5. **กระบวนการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ**

ผู้เขียนและนักวิจัยหลายท่านได้เสนอรูปแบบกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้อย่างหลากหลาย ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ดังต่อไปนี้

เคมมิส และแม็คทากการ์ท (Kemmis and McTaggart, 1988, p.11) กล่าวถึง รูปแบบกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. การวางแผนเพื่อไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น (planning)
2. ลงมือปฏิบัติการตามแผน (action)
3. สังเกตการณ์ (observation)
4. สะท้อนกลับ (reflection)

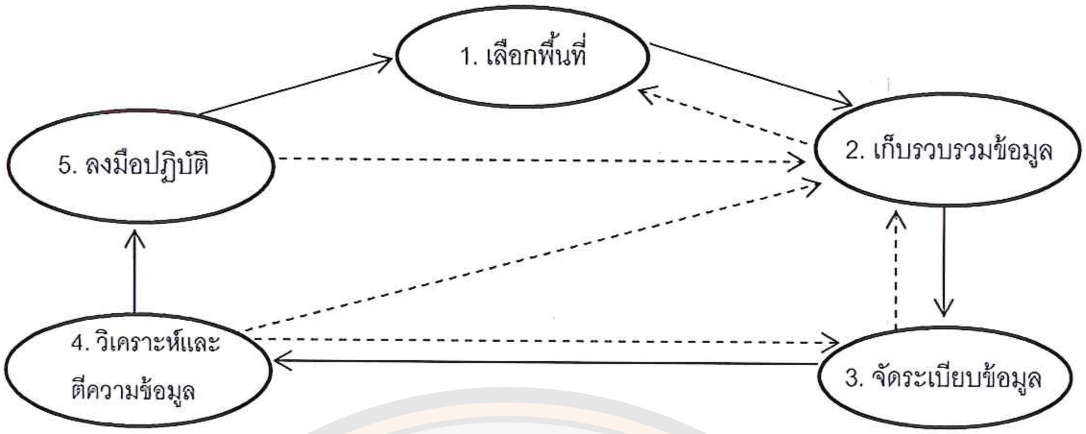
กระบวนการและผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ถูกนำมาปรับปรุงแผนการปฏิบัติงาน (re-planning) โดยดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ เป็นดังแสดงรายละเอียดตามภาพ 1




**ภาพ 1 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart**

**ที่มา:** Kemmis and McTaggart, 1998, p.11

คาลฮูน (Calhoun, 1994, p.2 as cited in Mertler, 2014, pp.14-16) ได้เสนอรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ไม่ได้เป็นรูปแบบของเกลียววงจร แต่กระบวนการนี้ยังคงสร้างขึ้นในรูปแบบของวัฏจักรที่ประกอบด้วย การเลือกพื้นที่ การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระเบียบข้อมูล วิเคราะห์และตีความข้อมูล และลงมือปฏิบัติ ดังแสดงในภาพ 2 โดยเส้นทึบบ่งบอกถึงเส้นทางหลักของวัฏจักรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ส่วนเส้นประบ่งบอกถึงการย้อนกลับและเคลื่อนที่ไปข้างหน้าภายในวงจร




**ภาพ 2 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Calhoun**

**ที่มา**: Mertler, 2014, pp.14-16

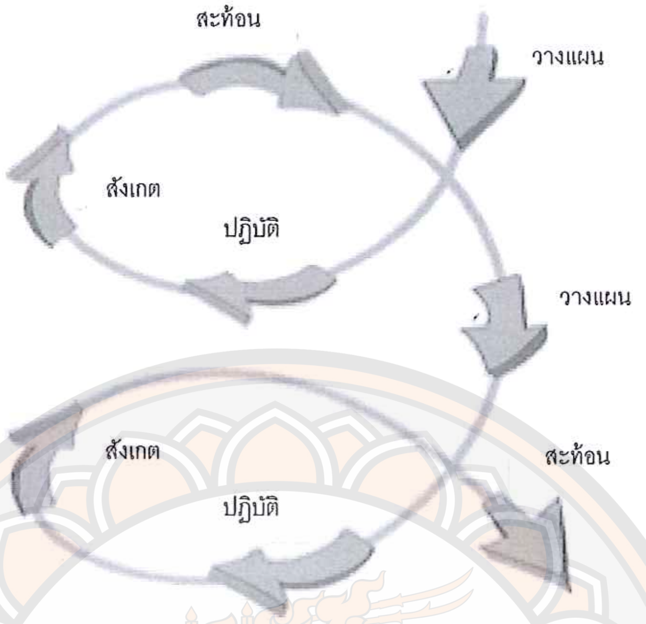
ชมัค (Schmuck, 2006, p.8 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 177) เสนอรูปแบบกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่ครูคิดใคร่ครวญถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหานั้น และเริ่มทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อหานวัตกรรมมาแก้ปัญหาดังกล่าว

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ครูนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

3. ขั้นสังเกต (Observe) ครูตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัย เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงาน ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัยทดลอง โดยในขั้นนี้ต้องใช้เครื่องมือต่างๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับขั้นวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าวิธีปฏิบัติใดดีที่สุด

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ครูนำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาสะท้อนตนเอง และระดมสมองกับเพื่อนร่วมงาน เพื่อพิจารณาว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ ควรปรับวิธีปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนต่อไป แต่หากได้ข้อสรุปว่าวิธีปฏิบัติที่ทำนั้นเหมาะสมกับสภาพจริงแล้ว ครูควรตั้งเป้าหมายต่อไปที่สูงกว่าเดิม และเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนใหม่อีกครั้งดังแสดงในภาพ 3




**ภาพ 3 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Schmuck**

**ที่มา**: สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 177

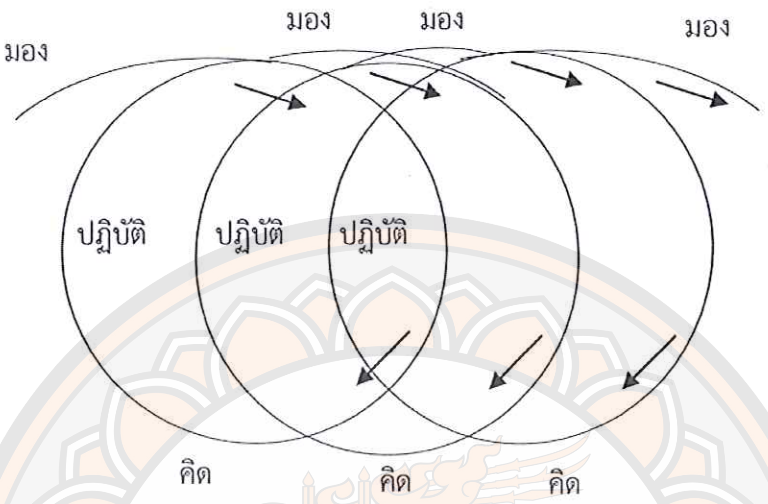
สตริงเกอร์ (Stringer, 2007, p.8) อธิบายการวิจัยเชิงปฏิบัติการในรูปแบบที่เรียบง่าย แต่มีประสิทธิภาพ ประกอบ 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นสังเกตหรือมอง ในขั้นตอนแรกมีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อช่วยให้บุคคลทุกฝ่ายที่มีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยได้เข้าใจสภาพปัญหา ปัจจัยสนับสนุน และปัจจัยอุปสรรคที่มีต่อการปรับปรุงแก้ไขปัญหาหรือบริบทอื่นๆ ที่แวดล้อมปัญหา เพื่อที่จะได้คิดหาหนทางที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมาย

2. ขั้นคิดวิเคราะห์ เป็นขั้นของการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากขั้นตอนแรก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความชัดเจนและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขมากยิ่งขึ้น รวมทั้งกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในขั้นตอนที่ 3

3. ขั้นปฏิบัติ ขั้นตอนผู้วิจัยจะได้ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปตามที่ได้คิดวิเคราะห์ไว้ โดยมีการประเมินผลการปฏิบัติงานเป็นกลยุทธ์สำคัญ เพื่อระบุความสำเร็จของการแก้ไขปัญหาว่าอยู่ในระดับใด มีประเด็นใดบ้างที่จะต้องทำการแก้ไขในวงจรรอบต่อไป

โดยกิจกรรมหลักทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรซ้ำกันหลายรอบ (Recycling Set of Activities) ดังภาพ 3




**ภาพ 4 แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer**

**ที่มา**: Striger, 2007, p.8

จากกระบวนการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นอาจมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณารายละเอียดของกระบวนการในแต่ละรูปแบบจะพบว่า ทุกรูปแบบเริ่มต้นจากการสังเกตปัญหาและระบุปัญหาที่จะทำการวิจัยในบริบทนั้นๆ แล้ววางแผนเพื่อแก้ปัญหาที่พบ จากนั้นลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ พร้อมไปกับการสังเกตผลการปฏิบัติ และสำคัญที่สุดคือนำผลการปฏิบัติมาสะท้อนเพื่อพัฒนาในวงจรต่อไป

ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการวิจัยตาม Schmuck (2006, p.8 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 177) ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่ครูคิดใคร่ครวญถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหานั้น และเริ่มทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อหานวัตกรรมมาแก้ปัญหาดังกล่าว

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ครูนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

3. ขั้นสังเกต (Observe) ครูตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัย เพื่อหาข้อบกพร่อง และนำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงานได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัยทดลอง โดยในขั้นนี้ต้องใช้เครื่องมือต่างๆ มา เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับขั้นวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าวิธีปฏิบัติใดดีที่สุด

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ครูนำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาสะท้อนตนเอง และระดมสมองกับเพื่อนร่วมงาน เพื่อพิจารณาว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ ควรปรับวิธีปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนต่อไป แต่หากได้ข้อสรุปว่าวิธีปฏิบัติที่ทำนั้นเหมาะสมกับสภาพจริงแล้ว ครูควรตั้งเป้าหมายต่อไปที่สูงกว่าเดิม และเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนใหม่อีกครั้ง

**หลักสูตรสถานศึกษา**

**1. วิสัยทัศน์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

ส่งเสริมความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์ มีความสามารถใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ พัฒนาตนเอง และมีคุณธรรม สัมพันธ์ภูมิปัญญา และแหล่งเรียนรู้ท้องถิ่น

**2. หลักการ**

2.1 จัดหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานสอดคล้องความต้องการท้องถิ่นอย่างมีคุณภาพ

2.2 จัดหลักสูตรการศึกษาที่พัฒนาผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ บนพื้นฐานของความเป็นไทยและมุ่งมั่นสู่ความเป็นสากล

2.3 จัดหลักสูตรการศึกษาที่เสริมสร้างคุณธรรม จริยธรรม และมีจิตสำนึกเพื่อสังคม

**3. จุดหมาย**

3.1 ผู้เรียนได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

3.2 ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเป็นไทยและมุ่งสู่ความเป็นสากล

3.3 ผู้เรียนเป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ

**4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน**

หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ การพัฒนาจะทำให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

4.1 ความสามารถในการสื่อสาร นักเรียนมีความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษา ถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่างๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

4.2 ความสามารถในการคิด นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่ เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต นักเรียนมีความสามารถในการนำกระบวนการต่างๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่างๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี นักเรียนมีความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีต่างๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

**5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน**

หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของคุณค่าในการปฏิบัติที่แสดงออกถึงการเป็นพลเมืองดีของชาติธำรงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของความเป็นชาติไทย ศรัทธายึดมั่นในศาสนา และเคารพเทิดทูนสถาบันพระมหากษัตริย์

5.2 ซื่อสัตย์สุจริต นักเรียนแสดงออกถึงการยึดมั่นในความถูกต้อง และเห็นคุณค่าของการปฏิบัติที่จะนำไปสู่การพัฒนาจิตใจ ประพฤติตรงตามความเป็นจริงต่อตนเองและผู้อื่นทั้งกาย วาจา ใจ อยู่ร่วมกันอย่างสงบสุขบนพื้นฐานความเป็นจริง

5.3 มีวินัย นักเรียนแสดงออกถึงการยึดมั่นในข้อตกลง กฎเกณฑ์ และระเบียบข้อบังคับของครอบครัว โรงเรียนและสังคมเป็นปกติวิสัย ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น รู้จักควบคุมตนเองในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อนำไปสู่การดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมีแบบแผนและมีคุณภาพชีวิตในอนาคต

5.4 ใฝ่เรียนรู้ นักเรียนแสดงออกถึงความตั้งใจ เพียรพยายามในการเรียน แสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ ด้วยการเลือกใช้สื่ออย่างเหมาะสม นำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตได้สอดคล้องกับสภาพจริง

5.5 อยู่อย่างพอเพียง นักเรียนแสดงออกถึงการดำเนินชีวิตอย่างพอประมาณ มีเหตุผล รอบคอบ มีคุณธรรม มีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี และปรับตัวเพื่ออยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข

5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน นักเรียนแสดงออกถึงความตั้งใจและรับผิดชอบในการทำหน้าที่การงานด้วยความเพียรพยายาม อดทน รู้จักวางแผนและเลือกแนวปฏิบัติที่จะนำไปสู่จุดมุ่งหมายในการเรียนรู้และการทำงานตามหน้าที่ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการพัฒนาอาชีพ

5.7 รักความเป็นไทย นักเรียนแสดงออกถึงความภูมิใจ เห็นคุณค่า ร่วมอนุรักษ์ สืบทอดภูมิปัญญาไทย ขนบธรรมเนียมประเพณี ศิลปวัฒนธรรม ใช้ภาษาไทยในการสื่อสารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ตระหนักในหน้าที่และความรับผิดชอบในฐานะของพลเมืองดีที่มี ต่อประเทศชาติ สืบทอดเอกลักษณ์ที่แสดงถึงความเป็นไทย เพื่อนำไปสู่ความสงบเรียบร้อยและดำรงไว้ซึ่งความมีอารยะของชาติ

5.8 มีจิตสาธารณะ นักเรียนแสดงออกถึงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้อื่น ชุมชน และสังคม ด้วยความเต็มใจ กระตือรือร้น โดยไม่หวังผลตอบแทน รวมทั้งตระหนักและเห็นคุณค่าของการเสียสละเพื่อประโยชน์ส่วนร่วมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน

**6. เป้าหมายการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์**

6.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์

6.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

6.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

6.4 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

6.5 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6.6 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6.7 เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

**7. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงาน**

**สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่**

ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ในชีวิตประจำวัน

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**สาระที่ 5 พลังงาน**

พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

8. **คำอธิบายรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1**

รายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว30207 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ระยะเวลา 40 ชั่วโมง จำนวน 1.0 หน่วยกิต

ศึกษาวิเคราะห์และทำปฏิบัติการหาความหนาแน่นโดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณทางฟิสิกส์ และทำปฏิบัติการในเรื่องระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว อัตราเร่ง ความเร็ว ความเร่ง ลูกตุ้มอย่างง่าย การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล การทำงานของเครื่องกล รวมทั้งสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม Tracker วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุ และกล้องความเร็วสูง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะหาความรู้ สำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเพื่อเกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

จากคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม พ.ศ.2552 ผู้วิจัยเลือกเก็บข้อมูลในเรื่องงานและพลังงาน และวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงาน ดังนี้

ศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล การทำงานของเครื่องกล โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะหาความรู้ สำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเพื่อเกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

9. **ผลการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1**

ผลการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 มีดังนี้

1. ปฏิบัติการศึกษาหาความหนาแน่นของวัตถุพีวีซี รวมทั้งศึกษาหลักการของเครื่องมือวัดปริมาณทางฟิสิกส์
2. ปฏิบัติการศึกษาการใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาในการหาระยะทางของวัตถุ
3. ปฏิบัติการศึกษาการใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาในการหาอัตราเร็วของวัตถุ
4. ปฏิบัติการศึกษาการใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาในการหาอัตราเร่งของวัตถุ
5. ปฏิบัติการศึกษาการใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาในการหาความเร็วของวัตถุ
6. ปฏิบัติการศึกษาการใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาในการหาความเร่งของวัตถุ
7. ปฏิบัติการศึกษาคาบและความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

8. ปฏิบัติการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และหามุมการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ไกลที่สุด

9. ปฏิบัติการศึกษาความสัมพันธ์ของแรงสู่ศูนย์กลางและคาบการเหวี่ยงจุกยางให้เคลื่อนที่แบบวงกลม รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ของรัศมีและคาบการเหวี่ยงจุกยางให้เคลื่อนที่แบบวงกลม

10. ปฏิบัติการศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่

11. ปฏิบัติการศึกษาหลักการของกฎการอนุกรักษ์พลังงานกล

12. ปฏิบัติการศึกษาการทำงานของเคลื่องกลต่างๆ

13. สืบค้นการใช้โปรแกรม Tracker เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุได้

14. สืบค้นการทำงานของกล้องความเร็วสูง

รวมทั้งหมด 15 ผลการเรียนรู้

**หมายเหตุ:** ในการจัดการเรียนรู้ให้ดำเนินกิจกรรมให้บรรลุถึงมาตรฐาน ว 8.1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ด้วย

จากคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม พ.ศ. 2552 ผู้วิจัยเลือกเก็บข้อมูลในเรื่องงานและพลังงานและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงานมาดังต่อไปนี้

1. ปฏิบัติการศึกษาปฏิบัติการศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่

2. ปฏิบัติการศึกษาหลักการอนุรักษ์พลังงานกล

3. ปฏิบัติการศึกษาการทำงานของเครื่องกลต่างๆ

รวมทั้งหมด 3 ผลการเรียนรู้

**ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

**1. ความหมายของปัญหา**

ปัญหามีความหมายที่แตกต่างกัน เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้อธิบายความหมายของปัญหากันไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

เมเยอร์ และไฮเดอร์เกน (Mayer and Heidgerken, 1962, p.200; สุวิทย์ มูลคำ, 2547, หน้า 9; รอยพิมพ์ใจ ชนะปราชญ์, 2551, หน้า 14) กล่าวว่า ปัญหา หมายถึง สภาวะหรือสถานการณ์ที่ทำให้บุคคลไม่สบายกาย ไม่สบายใจ หรือเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานที่ไม่สนอง

ความต้องการจำเป็นพื้นฐานของบุคคลได้ อันเป็นผลให้เกิดเหตุขัดข้องที่ไม่สามารถบรรลุถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ ผู้ประสบปัญหาจึงจำเป็นต้องศึกษาสาเหตุและที่มาของปัญหานั้น เพื่อดำเนินการแก้ไขด้วยกระบวนการที่เหมาะสม

ในขณะที่ วีระพล สุวรรณนันต์ (2532, หน้า 1) กล่าวว่า ปัญหา คือ สิ่งที่ยังไม่ประสบ แต่เราสามารถคาดการณ์ได้ว่าสภาพเหตุการณ์นั้นจะเกิดขึ้นในอนาคตและเป็นสภาพเหตุการณ์ที่มีแนวโน้มว่าจะไม่ตรงกับความต้องการ เช่นเดียวกับ ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์ (2548, หน้า 9) ที่กล่าวว่า ปัญหา คือ ช่องว่างหรือแตกต่างระหว่างสภาพการณ์ปัจจุบันกับสภาพการณ์ที่เราต้องการให้เกิดขึ้น หรือสภาพการณ์ไม่ดีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งปัญหาเกิดขึ้นได้ทั้งต่อบุคคล กลุ่มบุคคล และคณะทำงานหรือสิ่งแวดล้อมในสังคม อันเป็นผลให้เกิดความรู้สึกและพฤติกรรมที่ต้องการแก้ไขปรับปรุง (สมนึก ปัญญาสิงห์, 2537, หน้า 2) ปัญหาเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของมนุษย์ ทุกคนต้องเผชิญหน้ากับปัญหานานัปการ ดังนั้น เราต้องเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหา เพื่อให้พ้นจากสภาพเป็นทุกข์ สภาพไม่พึงปรารถนา สภาพมีความขัดแย้ง ไปสู่สภาพเป็นสุข สภาพสมปรารถนา สภาพแห่งสันติ ดังที่พระธรรมปิฎกได้กล่าวว่า "เมื่อแก้ปัญหาได้คนก็เป็นสุข" (มนัส บุญประกอบ, 2547, หน้า 87)

ความหมายของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ปัญหา คือ สถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความขัดข้องต่อจิตใจและการทำงาน หรือไม่ตรงกับความต้องการ โดยผู้ประสบอาจคาดการณ์ได้ถึงสภาพการณ์ไม่ดีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้ผู้ประสบต้องหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อลดความขัดข้องนั้นไปสู่สภาพเป็นสุขและสมปรารถนา

**2. ประเภทของปัญหา**

ปัญหามีหลาหลายประเภท ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการแบ่ง ซึ่งมีนักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านแบ่งประเภทของปัญหาไว้ ดังนี้

โพลยา (Polya, 1985 อ้างอิงใน รอยพิมพ์ใจ ชนะปราชญ์, 2551, หน้า 15) ได้แบ่งปัญหาออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ปัญหาให้ค้นพบ (Problem to Find) เป็นปัญหาให้ค้นพบในสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ และอาจจะเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้ และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to Prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สมมุติฐานหรือสิ่งที่กำหนดให้ และสรุปผลหรือสิ่งที่จะต้องพิสูจน์

ดันบาร์ (Dunbar, 1998, p.8) ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่ชัดเจน (Well-defined Problems) คือ ปัญหาที่มีขั้นตอน เป้าหมาย และวิธีการแก้ปัญหาที่ชัดเจน เช่น การแก้สมการ และปัญหาคณิตศาสตร์

2. ปัญหาที่ไม่ชัดเจน (Ill-defined Problems) คือ ปัญหาที่ไม่มีขั้นตอน เป้าหมาย และวิธีการแก้ปัญหาที่ชัดเจนหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่ชัดเจน เช่น การหาวิธีรักษาสำหรับโรคมะเร็ง หรือการเขียนนวนิยายให้ดีที่สุดในศตวรรษที่ 21 สำหรับปัญหาที่ไม่ชัดเจนผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดเป้าหมายและวิธีดำเนินการ หรือแม้กระทั่งขั้นเริ่มต้นด้วยตนเอง

สมนึก ปัญญาสิงห์ (2537, หน้า 5) ชี้ให้เห็นถึง ลักษณะหรือประเภทของปัญหาที่บุคคลทั่วไปรับรู้หรือเผชิญอยู่ และมีผลกระทบต่อจิตใจและกระบวนการแก้ปัญหา มี 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่มนุษย์สร้างขึ้นและอยู่ในความสามารถที่มนุษย์แก้ไขได้ มนุษย์เป็นผู้สร้างปัญหาประเภทนี้ทั้งโดยเจตนาและไม่มีเจตนาหรือไม่รู้สึกตัวว่าเป็นผู้สร้างปัญหาขึ้น เช่น ปัญหาเรื่องการทำงานการบริหารงาน ปัญหามนุษยสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน เป็นต้น

2. ปัญหาที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ หรืออยู่เหนือการควบคุมของมนุษย์ เช่น น้ำท่วม พายุไต้ฝุ่น ภัยแล้ง เป็นต้น

มนัส บุญประกอบ (2547, หน้า 72) กล่าวว่า การแบ่งประเภทของปัญหา ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ในที่นี้แบ่งประเภทของปัญหาตามความเบี่ยงเบนของสภาพการณ์ ที่เกิดขึ้นจริงกับความต้องการที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ โดยยึดความแตกต่างของช่วงเวลาเป็นหลัก ซึ่งปัจจุบันมี 3 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาขัดข้อง หมายถึง ปัญหาที่เบี่ยงเบนไปจากสิ่งหรือมาตรฐานที่เราต้องการซึ่งเกิดขึ้นในอดีต และในปัจจุบันก็ยังคงเป็นปัญหาอยู่ และยังคงจะเป็นปัญหาต่อไป ในอนาคตหากปัญหานี้ไม่ได้รับการแก้ไข หรือมีการแก้ไขปัญหาแล้ว แต่มาตรการที่แก้ไขปัญหานั้นไม่ได้ผล เช่น ปัญหาการจราจรในกรุงเทพฯ ปัญหาคอรัปชั่น ปัญหาการเสียดุลการค้า เป็นต้น จุดเน้นของการแก้ปัญหาประเภทนี้ คือ การรักษาสถานการณ์ให้กลับคืนสู่สภาพเดิมดังเช่นที่ เคยเป็นมาด้วยดีในอดีต

2. ปัญหาการป้องกัน หมายถึง ปัญหาที่ส่อเค้าว่าอาจจะเกิดความเบี่ยงเบนขึ้นได้ในอนาคต เนื่องจากปัจจุบันมีเครื่องชี้ สิ่งที่บอกเหตุ หรือมีสถานการณ์บางอย่างที่บอกให้เรารู้ว่าหากไม่รีบจัดการอย่างใดอย่างหนึ่งลงไปเพื่อเป็นการป้องกันแก้ไขแล้ว ปัญหานั้นย่อมเกิดขึ้นอย่าง

แน่นอน เช่น การเตรียมตัวให้พร้อมก่อนสอบ หากไม่มีการวางแผนหรือเตรียมตัวให้ดีแล้ว อาจมีปัญหาเกิดขึ้นในอนาคตอย่างแน่นอน

3. ปัญหาพัฒนา หมายถึง ปัญหาที่หลายๆ คนอาจมองว่าไม่เป็นปัญหา ซึ่งที่เป็นดังนี้ อาจเนื่องมาจากสภาพเหตุการณ์ของสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น ได้เกิดและสะสมมานานจนกระทั่งรู้สึกว่าเป็นเรื่องธรรมดาทั่วๆ ไป ไม่เห็นผลเสียหายอะไร แต่ปัญหาการพัฒนานี้มีจุดเน้นอยู่ที่ว่า หากเราเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงพัฒนาตนเองเพื่อผลดีในอนาคต ดีกว่าจะปล่อยให้ทุกสิ่งเป็นไปเอง ซึ่งแม้ว่าไม่มีวี่แววว่าจะเกิดปัญหาอะไร แต่การพิจารณาตนเองไว้ก่อนจะทำให้เกิดผลได้ดีกว่า เช่น การพัฒนาตนเองให้มีความรู้ด้านต่างๆ อยู่เสมอ เป็นต้น

ปัญหาทั้ง 3 ประเภทนี้ จะเป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงความก้าวหน้าของบุคคลหรือองค์กรต่างๆ เพราะถ้าหากบุคคลใดหรือหน่วยงานใดจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาประเภทขัดข้องอย่างไม่มีที่สิ้นสุด แสดงว่ายังจัดอยู่ในระดับพัฒนาได้ไม่ดีนัก แต่หากปัญหาขัดข้องมีไม่มาก แต่มีเวลาทุ่มเทให้กับการแก้ปัญหาประเภทพัฒนาแล้ว ย่อมแสดงให้เห็นความก้าวหน้าของบุคคลหรือองค์กรนั้นๆ ได้เป็นอย่างดี

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า ปัญหามีหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง เช่น ปัญหาที่ชัดเจนและปัญหาที่ไม่ชัดเจน หรือปัญหาให้ค้นพบและปัญหาให้พิสูจน์ เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ปัญหาที่ไม่ชัดเจน (Ill-defined Problems) หรือปัญหาที่ไม่มีขั้นตอน เป้าหมาย และวิธีการแก้ปัญหาที่ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนกำหนดเป้าหมายและวิธีดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

**3. ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา**

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นกระบวนการทางความคิดที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต และบุคคลแก้ปัญหาได้ดีจะประสบความสำเร็จในชีวิตประจำวัน สำหรับความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา ได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายไว้ ดังนี้

กาเย่ (Gagne, 1970, p.63 อ้างอิงใน กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน, 2550, หน้า 36) ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่า เป็นรูปแบบของการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป และใช้หลักการนั้นผสมผสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถด้านการแก้ปัญหา โดยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้เป็นพื้นฐานของการเรียน การเรียนรู้ประเภทนี้ กาเย่ได้อธิบายว่า เป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเหล่านั้น

ทาซูบชิอาไซ และกลินน์ (Taasoobshirazi and Glynn, 2009, p.1070) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาเป็นกระบวนที่ต้องการความละเอียดในการแก้ปัญหาหรือเอาชนะอุปสรรคใดๆ ตามวิธีทางนั้นๆ นักเรียนจะมีความสามารถและความเชี่ยวชาญในการแก้ปัญหา หากนักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งส่งผลให้นักเรียนความเข้าใจแนวคิดในปัญหาอีกด้วย

จอร์น คอลลินส์ และโอเบรียน (John Collins and O'Brien, 2011, p.282) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการใช้ทั้งความรู้และประสบการณ์เดิมในการแก้ปัญหากับสถานการณ์หรือความท้าทายใหม่ เป็นทักษะที่มีความสำคัญและต่างจากความรู้ที่สะสม

กมลรัตน์ หล้าสุวงศ์ (2528 อ้างอิงใน จิราวรรณ สอนสวัสดิ์, หน้า 42) ได้อธิบายว่า การแก้ปัญหา หมายถึง การใช้ประสบการณ์เดิมทั้งทางตรงและทางอ้อมมาแก้ไขปัญหาใหม่ที่ประสบ ซึ่งในการแก้ปัญหาแต่ละครั้งจะได้ผลดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของเชาว์ปัญญา การเรียนรู้ และการรู้จักคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล โดยแต่ละบุคคลจะมีวิธีแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันแล้วแต่สภาพการณ์ที่ประสบและประสบการณ์ของบุคคล

รุ่งชีวา สุขดี (2531, หน้า 35) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่จะต้องฝึกฝนอยู่เสมอ และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายด้าน ได้แก่

1. ประสบการณ์ของแต่ละบุคคลหรือความรู้เดิม
2. วุฒิภาวะทางสมอง และความสามารถทางสติปัญญา
3. สภาพการณ์ที่แตกต่างกัน
4. ความสนใจของแต่ละคนต่อปัญหานั้น
5. ความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งเร้าทั้งหมด

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 15) ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่าเป็นความสามารถทางสมองในการขจัดสภาวะความไม่สมดุลที่เกิดขึ้น โดยการพยายามปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้ผสมกลมกลืนกลับมาสู่สภาวะที่เราคาดหวัง

รอยพิมพ์ใจ ชนะปราชญ์ (2551, หน้า 16) กล่าวว่า การแก้ปัญหา หมายถึง กระบวนการในการที่จะพยายามปรับปรุงสถานการณ์หรือสาเหตุอันเป็นผลให้เกิดเหตุขัดข้องเพื่อให้สามารถบรรลุถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได

จากของความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นความสามารถของแต่ละบุคคลที่ต้องผ่านการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการแก้ปัญหาจำต้องใช้ทั้งประสบการณ์และความรู้เดิมในการแก้ไข ดังนั้น บุคคลจะแก้ปัญหาได้ดีขึ้นกับระดับเชาว์ปัญญา การเรียนรู้ และการรู้จักคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล

**4. ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้รับความสนใจจากนักวิจัยทางการศึกษาหลายท่านมาเป็นเวลานาน ซึ่งนักวิจัยทางการศึกษาเหล่านั้นได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

กู๊ด (Good, 1973, p.518) กล่าวว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์คือวิธีการแก้ปัญหา เพราะการแก้ปัญหามีลักษณะเป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการที่ดำเนินอยู่ในสภาวะที่มีความยากลำบากยุ่งยากและต้องอาศัยการตรวจสอบข้อมูลที่หามาได้ โดยที่ข้อมูลเหล่านั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งจะมีการตั้งสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม รวมทั้งมีการรวบรวมและเก็บข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ที่จะทดสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งความหมายของ Good มีความแตกต่างกับ อุดมลักษณ์ นกพึ่งพุ่ม (2545, หน้า 62) ที่กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการคิดแก้ปัญหาที่พบ เพื่อให้สามารถบรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ เช่นเดียวกับ จิราวรรณ สอนสวัสดิ์ (2554, หน้า 60) ที่อธิบายว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการ

จากความหมายของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการภายใต้กระบวนการที่เป็นลำดับขั้นตอน

**5. กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

การแก้ปัญหามีหลากหลายรูปแบบ เช่น การแก้ปัญหาโดยใช้พฤติกรรมแบบเดียว การแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก การแก้ปัญหาโดยเปลี่ยนแปลงทางความคิด และการแก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยส่วนมากมีหลักการพื้นฐานอยู่บนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านเสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไว้มากมาย ดังนี้

บลูม (Bloom, 1956, p.122) เสนอขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 เมื่อผู้เรียนพบปัญหา ผู้เรียนจะคิดหาสิ่งที่เคยพบเห็นและเกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนจะใช้ผลจากขั้นที่ 1 มาสร้างรูปแบบของปัญหาออกมาใหม่

ขั้นที่ 3 จำแนกแยกแยะปัญหา

ขั้นที่ 4 การเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ ความคิด และวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา

ขั้นที่ 5 การใช้ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

เวียร์ (Weir, 1974, pp.16-18) เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา เป็นความสามารถในการบอกถึงปัญหาที่สำคัญที่สุดในขอบเขตข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา เป็นความสามารถในการบอกสาเหตุที่แท้จริง หรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

3. ขั้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการวางแผนตรวจสอบหาสาเหตุของปัญหาหรือข้อเท็จจริงหรือข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ระบุไว้

4. ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นความสามารถในการอธิบายว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหานั้นสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้บรรลุวัตถุประสงค์ของกระบวนการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

กิลฟอร์ด (Guilford, 1976, p.313 อ้างอิงใน พรศรี ดาวรุ่งสวรรค์, 2548, หน้า 19) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเป็นผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างมิติทั้งสามในโครงสร้างทางสติปัญญา โดยกระบวนการแก้ปัญหานั้นประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ 5 ขั้นตอน

1. ขั้นเตรียมการ (Preparation) หมายถึง การตั้งปัญหาหรือการค้นหาปัญหาว่าปัญหาที่แท้จริงของเหตุการณ์นั้นๆ คืออะไร

2. ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis) หมายถึง การพิจารณาดูว่า สิ่งใดบ้างที่เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหา หรือสิ่งใดที่ไม่ใช่สาเหตุที่สำคัญของปัญหา

3. ขั้นการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา (Production) หมายถึง การหาวิธีการสำหรับแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา โดยอธิบายออกมาในรูปของวิธีการ ซึ่งผลสุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ออกมา

4. ขั้นตรวจสอบผล (Verification) หมายถึง ขั้นการเสนอเกณฑ์ เพื่อการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอปัญหาใหม่จนกว่าจะได้วิธีการที่ดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุด

เอก้า กูเว่น และไอย์ด๊อกดู (AKA, GÜVEN and AYDOĞDU, 2010, p.16) เสนอวิธีการ การแก้ปัญหาว่าประกอบด้วยมี 5 ขั้นตอน

1. อ่านสิ่งที่ปัญหาที่กำหนด
2. เขียนสิ่งที่ปัญหาให้มา
3. เขียนสิ่งที่ถูกถาม
4. วางแผนในการแก้ปัญหา
5. ดำเนินการแก้ปัญหา

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2527 อ้างอิงใน กันติกา สืบกินร, 2551, หน้า 63) อธิบายถึงวิธีการแก้ปัญหาว่า เป็นวิธีการคิดที่ใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบ ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การลองผิดลองถูก การคิดกลับไปกลับมา แต่วิธีที่นิยมนำมาใช้ฝึกฝนในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตั้งสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นพิสูจน์หรือทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสรุปผลและนำไปใช้

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์ (2528, หน้า 268) ได้แบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอนตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ คือ

1. ขั้นระบุปัญหา
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน
3. ขั้นทดลองหรือตรวจสอบสมมติฐาน
4. ขั้นสรุปผลการทดลอง

ภูมิ พระรักษา (2549, หน้า 21) อธิบายถึง ขั้นตอนในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ว่ามีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกปัญหาที่สำคัญที่สุดภายในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 2 ตั้งสมมุติฐาน หมายถึง ความสามารถในการบอกได้ว่าสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา คืออะไร จากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 3 ทดลองหรือทดสอบสมมุติฐาน หมายถึง ความสามารถในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมุติฐานหรือรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตและทดลอง

ขั้นที่ 4 สรุปผลการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการนำ เสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง หรือตรวจสอบสมมุติฐานมาสรุปเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์และนำไปใช้ได้

จากที่กล่าวมา กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีเป็นกระบวนการที่ดำเนินการอย่างมีแบบแผนและเป็นขั้นตอนตามหลักของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แต่มีความแตกต่างกันไปตามความเชื่อของบุคคล แต่กระบวนการหลัก ได้แก่ ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน เสนอแนวทางแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา และตรวจสอบผลลัพธ์

**6. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหา**

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ความรู้และประสบการณ์เดิม เนื่องจากว่าการแก้ปัญหาถือเป็นทักษะหนึ่งที่พัฒนาได้ผ่านการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จึงมีมากมาย โดยนักวิชาการและนักการศึกษาต่างๆ ได้กำหนดองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

มอร์แกน (Morgan, 1978, pp.154-155) ได้สรุปองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาว่าวิธีคิดแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาแตกต่างกันตามไปด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. สติปัญญา กล่าวคือ ผู้มีสติปัญญาดีจะสามารถคิดแก้ปัญหาได้ดี
2. แรงจูงใจ นั่นคือ สิ่งที่กระตุ้นความสนใจ ทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหา
3. ความพร้อมในการที่จะแก้ปัญหาใหม่ๆ โดยใช้ประสบการณ์ที่มีมาก่อน
4. การเลือกวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์ (2528, หน้า 259-260) กล่าวว่า การแก้ปัญหาแต่ละครั้งจะสำเร็จหรือได้ผลดีขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้

1. ระดับความสามารถของเชาว์ปัญญา ผู้เรียนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาสูงย่อมสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีระดับเชาว์ปัญญาต่ำ

2. การเรียนรู้ในการแก้ปัญหาได้สำเร็จและรวดเร็ว เกิดจากการที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง สามารถจับหลักการต่างๆ ในขณะเรียนรู้ไว้ได้อย่างเข้าใจถ่องแท้ เมื่อประสบปัญหาเช่นนั้นอีกหรือปัญหาที่คล้ายคลึงกันจะแก้ปัญหาได้รวดเร็วถูกต้อง

3. การรู้จักคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล โดยอาศัยสิ่งต่างๆ ดังนี้
    3.1 ข้อเท็จจริงและความรู้จากประสบการณ์เดิม
    3.2 จุดมุ่งหมายในการคิดและการแก้ปัญหา
    3.3 ระยะเวลาในการไตร่ตรองหาเหตุผลที่ดีที่สุด

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 14) อธิบายว่า การคิดเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาและเผชิญหน้ากับสถานการณ์ เมื่อบุคคลเผชิญกับข้อมูล สิ่งแวดล้อม หรือสถานการณ์ใดๆ ที่มีความขัดแย้งหรือก่อให้เกิดปัญหา ผู้ที่มีความสามารถในการคิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่มีทักษะในการคิดแก้ปัญหาจะเริ่มต้นกำหนดหรือระบุปัญหาว่าปัญหาที่แท้จริงคืออะไร มีการตั้งสมมติฐานคาดเดาคำตอบหรือแก้ปัญหานั้น เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาให้แคบลงแล้วจึงรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ อาจจำแนก แยกแยะ เปรียบเทียบ ประเมิน ฯลฯ ก่อนสรุปเป็นคำตอบซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบมีความถูกต้องได้มากกว่าและจะนำมาซึ่งความสุขในที่สุด

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การที่บุคคลจะแก้ปัญหาได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมและกระบวนการคิดของบุคคลนั้น กล่าวคือ หากปัญหานั้นเป็นประสบการณ์ที่ เคยพบเจอจะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น หรือหากบุคคลนั้นมีกระบวนการคิดที่เป็นเหตุผล เรียนรู้ได้อย่างว่องไวก็จะสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างดีเช่นกัน

**7. การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลมีระดับที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ครูลิค และรูดนิค (Krulik and Rudnick, 1993, pp.62-105) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นทักษะกระบวนการที่ต้องได้รับการฝึกฝน จึงต้องมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ซึ่งหมายถึง สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น บทบาทของครูและนักเรียน รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน โดยชั้นเรียนที่มีครูเป็นศูนย์กลางจะไม่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาให้นักเรียนเกิดความคิดแก้ปัญหาได้ ฉะนั้นจึงต้องจัดห้องเรียนให้เอื้อต่อการจัดกิจกรรมกลุ่มย่อย จัดทำฐานการเรียน ศูนย์เทคโนโลยี และศูนย์วัสดุต่างๆ บรรยากาศห้องเรียนในลักษณะนี้ ครูจะเป็นผู้วางแผนกิจกรรม จัดประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ และสนับสนุนการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน โดยครูควรตั้งคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น อีกทั้งคอยเป็นผู้สนับสนุนและใช้ความช่วยเหลือกับนักเรียน นอกจากนี้ครูควรสร้างบรรยากาศภายในชั้นเรียนให้นักเรียนรู้สึกอิสระ ไม่กดดัน ไม่บีบบังคับ และมุ่งเน้นการทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือ โดยนักเรียนควรมีความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ของปัญหาเพื่อจะได้สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ปัญหากำหนดได้

มังกร ทองสุขดี (2552, หน้า 5-10) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ฝึกให้เด็กทำงานอยู่เสมอ (The Persistency Process) วิธีการแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้กันมานาน เป็นวิธีที่มีประโยชน์อยู่เสมอ การทำงานช่วยให้เรามีประสบการณ์เพิ่มขึ้นและย่อมจะช่วยให้เรามีหนทางในการคิดแก้ปัญหามากขึ้น

2. ฝึกให้เด็กมีการทดสอบอยู่เสมอ (The Testimonial Process) บางครั้งครูอาจกำหนดปัญหาให้นักเรียนช่วยกันหาคำตอบ โดยแนะให้นักเรียนกระทำกิจกรรมบางอย่างหรือการแสดงการสาธิตเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบให้ได้ การสอนเนื้อหาวิชาบางครั้งครูไม่อาจทำการทดลองได้ เช่น การวัดระยะทางจากโลกกับดวงดาวในท้องฟ้า ครูอาจนำปัญหานี้ไปให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาโดยการทดลองค้นคว้าจากแหล่งวิชาการต่างๆ

3. ฝึกให้นักเรียนเป็นผู้มีเหตุผลแก่ตนเอง (The Innate Process) การฝึกแบบนี้เป็นการฝึกให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง บางครั้งอาจเป็นการเชื่อแบบลางสังหรณ์ ซึ่งเป็นสัญชาติญาณของตนเอง แต่ก็มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลายอย่างที่เกิดจากลางสังหรณ์ เช่น กรณีที่ ชวาป (Schwab) ได้ค้นพบจุดดับในดวงอาทิตย์

4. ฝึกให้รู้จักการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) จอห์น ดิวอี้ นักการศึกษาผู้มีชื่อเสียงได้กำหนดวิธีการคิดแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ปัญหาออกเป็นขั้นๆ ดังนี้

4.1 การกำหนดปัญหา

4.2 รวบรวมข้อเท็จจริง

4.3 ตั้งสมมติฐาน

4.4 ประเมินผล

ครูควรฝึกให้นักเรียนใช้วิธีการคิดแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้อยู่เสมอ เพราะสามารถนำไปใช้ในอนาคตได้ นอกจากนั้น ครูควรแนะหาทางช่วยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านี้

1. ฝึกให้รู้จักวิเคราะห์-สังเคราะห์ (Analysis-Synthesis)

2. ฝึกให้รู้จักแสดงความเห็น (Suggestion)

การฝึกให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านี้เสมอนั้น เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการใช้ความคิดของตนเอง เพราะการคิดช่วยให้การเรียนของนักเรียนดีขึ้นและดีกว่าการฝึกให้นักเรียนใช้แต่ความจำเพียงอย่างเดียว ครูต้องคอยช่วยเหลือนักเรียนอยู่เสมอเพราะนักเรียนอาจแสดงออกทางความคิดเห็นในสิ่งที่ไม่ถูกต้องมากนักก็ได้

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541, หน้า 91-92) กล่าวว่า การจะแก้ปัญหาต่างๆ ได้ ผู้สอนจะต้องจัดสภาพการณ์ต่างๆ เพื่อยั่วยุให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการเหล่านี้แก้ปัญหา เช่น

1. จัดสถานการณ์ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ๆ และมีวิธีการแก้ปัญหาหลายๆ วิธีมาให้ผู้เรียนฝึกฝนในการแก้ปัญหาให้มากๆ

2. ปัญหาที่ได้หยิบยกมาให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนนั้นควรเป็นปัญหาใหม่ที่ผู้เรียนยังไม่เคยประสบมาก่อน ควรเป็นปัญหาที่ไม่เกินความสามารถของผู้เรียน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งปัญหานั้นต้องอยู่ในกรอบของทักษะทางเชาว์ปัญญาของผู้เรียน

3. การฝึกแก้ปัญหานั้น ผู้สอนควรจะแนะให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ว่า ปัญหานั้นเกี่ยวกับอะไร และถ้าเป็นปัญหาใหญ่ก็แตกออกเป็นปัญหาย่อยๆ แล้วคิดปัญหาย่อยแต่ละปัญหา และเมื่อแก้ปัญหาย่อยได้หมดทุกข้อก็เท่ากับแก้ปัญหาได้นั่นเอง

4. จัดบรรยากาศการเรียนการสอน หรือสิ่งแวดล้อมทางการเรียนให้เปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ตายตัว ผู้เรียนจะเกิดความรู้สึกว่า เขาสามารถคิดค้นเปลี่ยนแปลงอะไรได้บ้างในบทบาทต่างๆ ให้โอกาสผู้เรียนได้คิดอยู่เสมอ

5. การฝึกฝนแก้ปัญหาหรือปัญหาใดๆ ก็ตาม ผู้สอนไม่ควรจะบอกวิธีแก้ปัญหาให้นักเรียนแบบตรงๆ เพราะถ้าบอกแล้วผู้เรียนจะไม่ได้ใช้ยุทธศาสตร์การคิดของตนเอง

จากแนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการฝึกให้นักเรียนคิด วิเคราะห์ และแสดงความคิดเห็นเพื่อแก้ปัญหาเป็นประจำนั้นจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยครูผู้สอนมีส่วนสำคัญมาก กล่าวคือ ต้องปรับเปลี่ยนจากครูเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้มาเป็นนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ และครูต้องจัดบรรยากาศหรือตั้งคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ปัญหาที่ไม่ยากเกินความสามารถของนักเรียน อีกทั้งครูควรทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำ สนับสนุน และให้กำลังใจนักเรียน เพื่อให้นักเรียนพยายามหาแนวทางในการแก้ปัญหาให้ลุล่วง

**8. การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นความสามารถของแต่ละบุคคลที่ต้องใช้ทั้งประสบการณ์และความรู้เดิม ซึ่งสามารถแสดงออกมาในลักษณะของพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินผลได้ นักวิชาการหลายท่านและองค์กรหลายแห่งพยายามสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างหลากหลาย ดังต่อไปนี้

สุวิชา วันสุดล (2554, หน้า 73) ได้กล่าวถึง วิธีการวัดและประเมินพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แม้ว่าแบบทดสอบจะไม่สามารถวัดพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้จริง แต่ก็สามารถวัดมโนมติที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้เกือบทั้งหมด และเป็นการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหารายบุคคล โดยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สามารถกระทำได้โดยใช้วิธีการบรรยายถึงสิ่งที่คิดว่าเป็นปัญหาในสถานการณ์ การตั้งสมมติฐานและบรรยายถึงกระบวนการสืบเสาะความรู้ใหม่มาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นอาจเป็นจริงหรือสมมติขึ้น โดยสร้างเป็นแบบทดสอบประเภทเขียนตอบหรือสร้างเป็นตัวเลือกให้ผู้เรียนได้เลือกตอบ เช่นเดียวกับที่ Dossey, et al., 2006, p.3) อธิบายว่า การจะประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ข้อคำถามจำต้องมีจำนวนมากเพื่อให้ผู้แก้ปัญหามีส่วนในการแสดงถึงกระบวนการคิดขั้นสูงในการอธิบายถึงความรู้ความเข้าใจในปัญหา อธิบายวิธีดำเนินการแก้ปัญหาผ่านการแสดงหลักฐานประกอบการให้เหตุผล และการบูรณาการความรู้หรือกระบวนการ ซึ่งพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 5 พฤติกรรม ได้แก่ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2532, หน้า 104 อ้างอิงใน สุวิชา วันสุดล, 2554, หน้า 72)

1. นักเรียนต้องกำหนดปัญหา ยอมรับ และอธิบายได้ว่าอะไรคือปัญหา
2. นักเรียนต้องตั้งสมมติฐานที่รัดกุมและกำหนดตัวแปรต่างๆ ได้
3. นักเรียนต้องเสนอวิธีการทดลองและปฏิบัติเพื่อทดสอบสมมติฐานได้
4. นักเรียนต้องเลือกวิธีการทดลองหรือปฏิบัติที่เหมาะสมได้
5. นักเรียนต้องนำวิธีที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงได้

สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบที่มีข้อคำถามจำนวนมากเพื่อให้นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมและกระบวนการคิดขั้นสูง ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แบบเขียนตอบ โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหให้ผู้เรียนได้ตอบและแสดงพฤติกรรมทั้ง 5 พฤติกรรม คือ

1. กำหนดปัญหา ยอมรับ และอธิบายได้ว่าอะไรคือปัญหาของสถานการณ์ และอะไรคือความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์

2. ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาดังกล่าวได้อย่างสอดคล้อง โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล

3. เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา คือนักเรียนจะต้องสามารถการอธิบายหรือวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล มาเป็นพื้นฐานในการเสนอวิธีแก้ปัญหา

4. เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม คือ นักเรียนสามารถพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์มากที่สุดได้

5. นำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา คือ การนำวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมาปฏิบัติ หรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้นหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดไปปฏิบัติ

**การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา**

**1. สะเต็มศึกษา**

**1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา**

การพัฒนาประเทศในยุคศตวรรษที่ 21 กำลังเป็นประเด็นที่สำคัญและท้าทายสำหรับนานาอารยประเทศทั่วโลก สิ่งสำคัญที่นานาประเทศต่างมุ่งหวัง คือ การพัฒนาให้เยาวชนภายในประเทศมีความรู้ความสามารถทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจในการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อผู้เรียนสำเร็จการศึกษา ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่กำลังขาดแคลนมากในสหรัฐอเมริกา (Koehler, et al., 2013 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 84) ดังนั้น ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายว่า ต้องพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยแห่งชาติ หรือ National Research Council: NRC (2012) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติหันมาสนใจอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการแทรกเนื้อหา/แนวคิดด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา

คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 85)

สำหรับในประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เล็งเห็นความจำเป็นในการเร่งพัฒนากำลังคนที่ไม่เพียงแต่มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แต่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ดังกล่าวในการดำรงชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ อีกทั้งมีเป็นผู้ที่มีทักษะที่จำเป็นในการประกอบอาชีพ มีความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิต และมีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการทำงาน สสวท.จึงได้ปรับยุทธศาสตร์การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้เน้นความรู้และทักษะที่เหมาะสมกับการประกอบในอนาคต โดยเริ่มนำแนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามาปรับหลักสูตรการศึกษา จะเห็นได้จากการมีทูตสะเต็มในทุกภาคของประเทศ ฉะนั้นสะเต็มศึกษาประเทศไทยเป็นความหวังในการสร้างเยาวชนไทยรุ่นใหม่ที่มีความรู้และทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างนวัตกรรมและสิ่งใหม่ๆ ที่จะนำไปสู่การประกอบอาชีพและเพิ่มขีดความสามารถใน การแข่งขันของประเทศ ประเทศไทยจะปรับตัวจากสังคมผู้บริโภคเป็นสังคมผู้สร้างนวัตกรรม (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556, หน้า 18)

**1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา**

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใหม่ ฉะนั้นความหมายของสะเต็มศึกษา จึงยังไม่ชัดเจนและแน่นอน ซึ่งมีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน รวมไปถึงองค์กรหลายแห่งพยายามให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ดังนี้

ไบร์เนอร์ และคณะ (Breiner, et al., 2012, p.4) คิดว่า การเรียนการสอนแบบดั้งเดิมของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ขาดการบูรณาการ ดังนั้น การศึกษา STEM จึงเป็นการรวมแนวคิดจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมมาบูรณาการ โดยมุ่งเน้นให้นำความรู้จากวิชาเหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาโลกแห่งความจริง

โรเบิร์ต (Roberts, 2013 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 86) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นวิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมสามารถทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ การแก้ปัญหา การค้นพบ และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ ฉะนั้นโรเบิร์ตจึงมองว่า สะเต็มศึกษาอาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และการบูรณาการทักษะทาง

วิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และ/หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556, หน้า 16) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญๆ ที่พบในชีวิตจริง

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 50) ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557, หน้า 4) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้หมายรวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

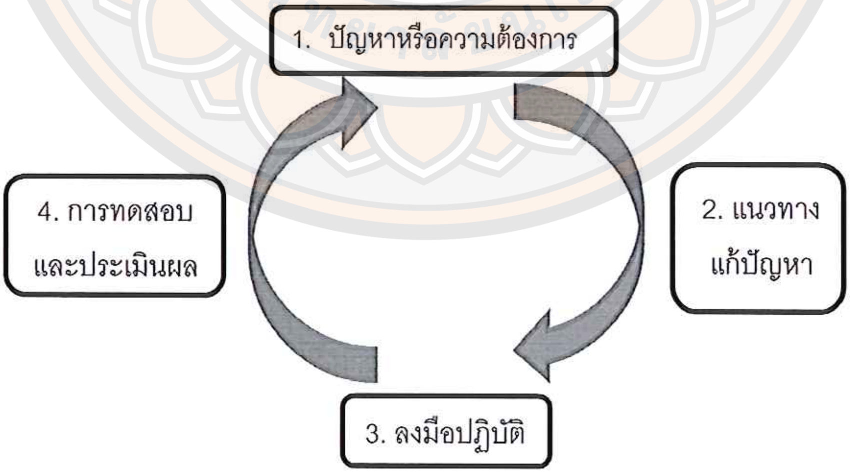
จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของสะเต็มศึกษาได้ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหาความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ที่ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา สร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากทั้ง 4 สาขามาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ

### 1.3 วิศวกรรมและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในสะเต็มศึกษา

การบูรณาการวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเป็นเรื่องที่คุ้นเคยสำหรับครูและนักการศึกษา เพราะการเชื่อมโยงของทั้งสองสาขาวิชาถูกนำมาใช้สำหรับการเรียนการสอนในปัจจุบันกันอย่างแพร่หลาย แต่สิ่งสำคัญที่เพิ่มขึ้นมาในการบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา คือ

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งไม่เป็นที่คุ้นเคยมากนัก เพราะโดยทั่วไปแล้ววิศวกรรมศาสตร์นั้นจะปรากฏชัดเจนในการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยมากกว่าในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงอาจทำให้เกิดข้อสงสัยและความสับสนระหว่างวิศวกรรมศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัยและระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

สถาบันวิจัยแห่งชาติ (National Research Council, 2011 อ้างอิงใน อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35) ได้สรุปความหมายและแนวทางในการใช้วิศวกรรมสำหรับระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ปรากฏในประเทศสหรัฐอเมริกาว่า วิศวกรรมในสะเต็มศึกษาจะมีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบ วางแผน การแก้ปัญหา และการใช้องค์ความรู้จากวิชาต่างๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด โดยส่วนมากมักจะตีความการออกแบบว่าเป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่กล่าวถึงนั้นไม่ได้มีความหมายลุ่มลึกจนทำให้ยากต่อการปฏิบัติ หากแต่เป็นการนำเอาองค์ความรู้โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงานและเชื่อมโยงกับสถานการณ์ของโลกแห่งความเป็นจริง โดยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมอาจมีหลายรูปแบบที่ใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ในกระบวนการจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ ปัญหาหรือความต้องการ แนวทางการแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบและประเมินผล ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานที่มีลักษณะเป็นวงจร และสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงได้ตลอดขึ้นกับสถานการณ์ที่ประสบ ดังแผนภาพ 5

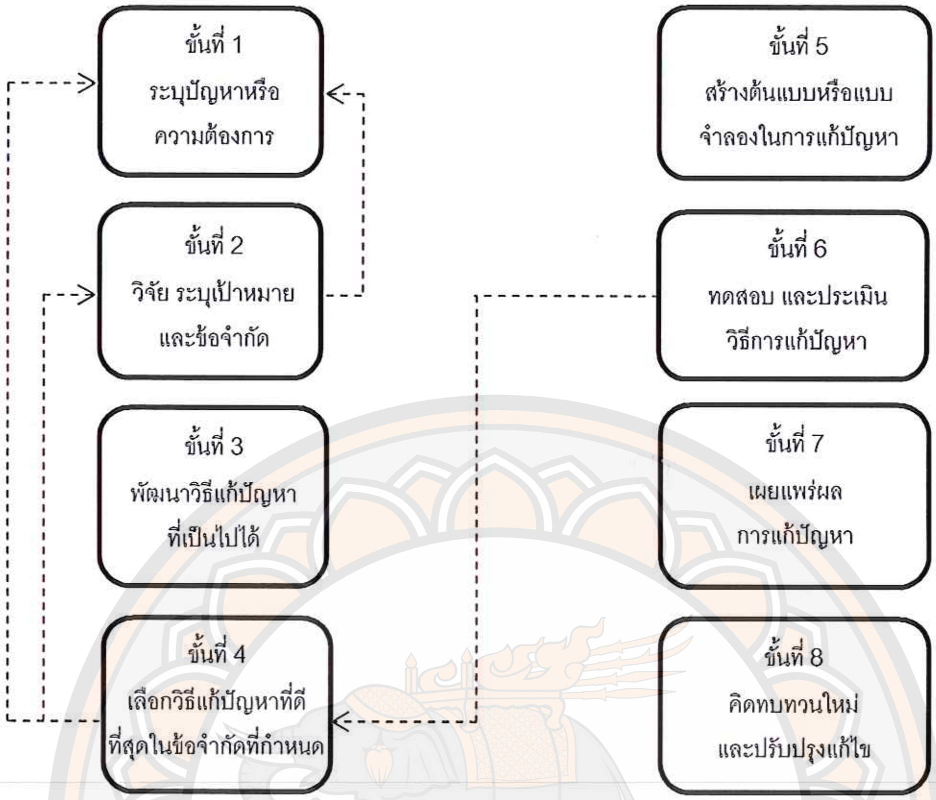



**ภาพ 5 แสดงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของสถาบันวิจัยแห่งชาติ**

**ที่มา:** อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 36

กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้เป็นเพียงกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกรที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข การค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งกระบวนนี้จะมีความคล้ายกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามจุดต่างที่สำคัญของระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจมิใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด นอกจากนั้นกระบวนการทางวิศวกรรมเน้นที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา ในขณะที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มักจะมุ่งเน้นไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

บิลเลียร์ และคณะ (Billiar, et al., 2014, pp.5-6) กล่าวว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความแตกต่างกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตรงที่มีวงจรของกระบวนการที่มากกว่า เนื่องจากเป้าหมายของกระบวนการเชิงวิศวกรรมคือการแก้ไขปัญหา ในขณะที่กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบสมมติฐาน ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ที่อยู่บนพื้นฐานของกระบวนการแก้ปัญหาประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหาและความต้องการ ขั้นศึกษา จัดลำดับวัตถุประสงค์ และข้อจำกัด ขั้นพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ขั้นเลือกวิธีที่ ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัด ขั้นสร้างรูปแบบหรือต้นฉบับในการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา ขั้นนำเสนอและสื่อสารผลการประเมินและขั้นปรับปรุงและแก้ไข ซึ่งแต่ละขั้นในกระบวนสามารถสลับกันได้ ขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์แสดงในภาพ 6




**ภาพ 6 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของ Billiar, et al.**

**ที่มา**: Billiar, et al., 2014, p.5

ศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA + Center for Teaching and Learning, n.d. อ้างอิงใน กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557, หน้า 37) กล่าวว่า นักเรียนควรทำการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในขณะทำกิจกรรม ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (identify a challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เรา

ระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

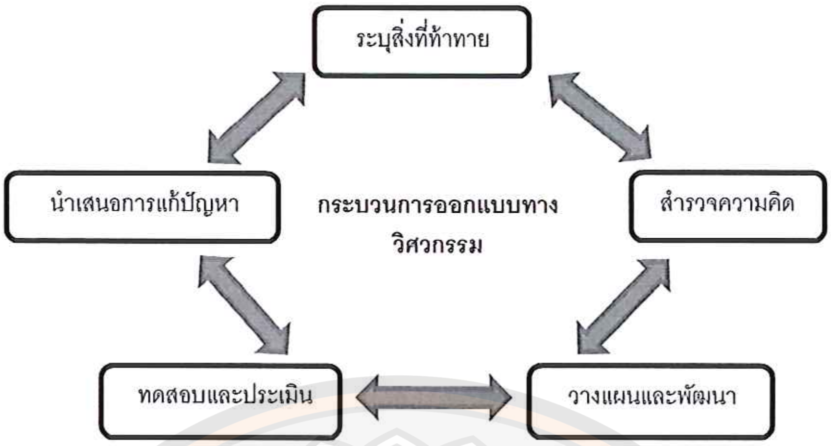
ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (explore ideas) หลังจากผู้แก้ปัญหาได้ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง 2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้น แล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (plan and develop) หลังจากเลือกแนวคิดที่มีความเหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนา ผู้แก้ปัญหาต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (test and evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (present the solution) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

อย่างไรก็ตาม ในการทำงานผู้เรียนไม่จำเป็นต้องมีลำดับที่แน่นอน โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงได้ดังภาพ 7 เพื่อให้เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้นของแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม




**ภาพ 7 แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ**

**ที่มา**: กฤษลดา ซูสินคุณาวุฒิ, 2557, หน้า 38

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไปตามความเชื่อของแต่ละบุคคล ซึ่งผู้วิจัยทำการสรุปกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมทั้ง 3 รูปแบบที่กล่าวมาข้างต้นแสดงดังตาราง 1

**ตาราง 1 แสดงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามรูปแบบของ 1) สถาบันวิจัยแห่งชาติ 2) Billiar, et al. และ 3) ศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ**

| **สถาบันวิจัยแห่งชาติ** | Billiar, et al. | **ศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ** |
|---|---|---|
| ขั้นที่ 1 ปัญหาหรือความต้องการ | ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาหรือความต้องการ | ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา |
| ขั้นที่ 2 แนวทางการแก้ปัญหา | ขั้นที่ 2 วิจัย ระบุเป้าหมายและข้อจำกัด | ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง |
| ขั้นที่ 3 ลงมือปฏิบัติ | ขั้นที่ 3 พัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ | ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา |

**ตาราง 1 (ต่อ)**

| สถาบันวิจัยแห่งชาติ | Billiar, et al. | ศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ |
|---|---|---|
| ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมิน | ขั้นที่ 4 เลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในข้อจำกัดที่ | ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล |
| | ขั้นที่ 5 สร้างต้นแบบหรือแบบจำลองในการแก้ปัญหา | ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ |
| | ขั้นที่ 6 ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา | |
| | ขั้นที่ 7 เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา | |
| | ขั้นที่ 8 คิดทบทวนใหม่และปรับปรุงแก้ไข | |

จะเห็นว่า วิศวกรรมในสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการออกแบบเพื่อสร้างเทคโนโลยีใน การแก้ปัญหา หรือเรียกว่า "กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม" ซึ่งกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นเพียงกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนและรู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา โดยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไปตามความเชื่อของแต่ละบุคคล ผู้วิจัยวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (กฤษลดา ซูสินคุณาวุฒิ, 2557, หน้า 37) พบว่า กระบวนการทางวิศวกรรมนี้มีความคล้ายกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อีกทั้ง กระบวนการทางวิศวกรรมนี้สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานจากองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา เลือกวิธีการทดลองปฏิบัติที่เหมาะสม และนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงดังรายละเอียดในตาราง 2 ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้เป็นพฤติกรรมย่อยที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

**ตาราง 2 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจากศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

| กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจากศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ | ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา | พฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ |
|---|---|---|
| ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา | ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา | 1. กำหนดปัญหา |
| ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง | ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา | 2. ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา |
| ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา | ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน<br>ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง | 3. เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา<br>4. เลือกวิธีการทดลองปฏิบัติที่เหมาะสม |
| ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล | ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง<br>ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน | 5. นำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา |
| ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ | ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน | - |

**1.4 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิศวกรรมในสะเต็มศึกษา**

เมื่อการนำเอากระบวนการทางวิศวกรรมมาเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน สถาบันต่างๆ จึงพยายามศึกษาถึงความคล้ายคลึงและแตกต่างระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีสถาบันต่างๆ อธิบายไว้ ดังนี้

สถาบันวิจัยแห่งชาติ (National Research Council, 2012 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 93) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ ดังตาราง 3

**ตาราง 3 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์**

| กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | กระบวนการทางวิศวกรรม |
|---|---|
| การตั้งคำถามและกำหนดปัญหา (Asking questions and defining problems) | |
| วิทยาศาสตร์ เริ่มต้นด้วยการตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ เช่น "ทำไมท้องฟ้าสีฟ้า?" หรือ "สิ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งคืออะไร?" ซึ่งการตั้งคำถามนั้นเป็นการฝึกพื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักวิทยาศาสตร์ต้องสามารถกำหนดคำถามที่ตอบได้ กำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ และตรวจสอบคำถามที่มีคำตอบแล้วได้ | วิศวกรรม เริ่มต้นด้วยปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข เช่น "วิธีใดที่เราสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล?" หรือ "สิ่งที่สามารถทำเพื่อลดการเกิดโรคคืออะไร?" การฝึกพื้นฐานของวิศวกร คือ การตั้งคำถามเพื่อระบุปัญหา กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการแก้ปัญหา และระบุข้อจำกัด |
| การพัฒนาและใช้รูปแบบ (Developing and using models) | |
| วิทยาศาสตร์มักจะเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างและการใช้รูปแบบหรือแบบจำลอง เพื่อช่วยพัฒนาคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ใน ทางธรรมชาติ รูปแบบจะช่วยให้เราจินตนาการถึงสิ่งที่เกิดขึ้นมาก่อน และใช้ทำนายสิ่งที่ยังไม่เกิดขึ้น เพื่อทดสอบคำอธิบายสมมุติ | วิศวกรรมใช้รูปแบบและแบบจำลองในการวิเคราะห์ระบบในการระบุข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น หรือเพื่อทดสอบการแก้ปัญหาใหม่ๆ และทดสอบระบบ รวมถึงเพื่อให้มองเห็นจุดแข็งและข้อจำกัดของการออกแบบ |
| การวางแผนและดำเนินการสำรวจ (Planning and carrying out investigations) | |
| การสำรวจทางวิทยาศาสตร์อาจจะดำเนินการในภาคสนามหรือในห้องปฏิบัติการ การปฏิบัติที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์คือ การวางแผนและการดำเนินการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะต้องมีการทำความเข้าใจและสืบค้นข้อมูล และการระบุตัวแปรในการทดลอง | การตรวจสอบทางวิศวกรรมจะดำเนินการเพื่อให้ได้รับข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการระบุเกณฑ์และทดสอบการออกแบบ เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ วิศวกรต้องระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตัดสินใจเลือกวิธีวัด และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ การสืบสวนของวิศวกรช่วยในการระบุประสิทธิภาพและความทนทานของสิ่งที่ออกแบบ |

**ตาราง 3 (ต่อ)**

| **กระบวนการทางวิทยาศาสตร์** | **กระบวนการทางวิศวกรรม** |
|---|---|
| การวิเคราะห์และตีความ(Analyzing and interpreting data) | |
| การสำรวจทางวิทยาศาสตร์จะได้ข้อมูลที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้มาซึ่งความหมายของข้อมูล นักวิทยาศาสตร์ใช้เครื่องมือ เช่น ตาราง กราฟ รูปภาพ และ การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อระบุคุณสมบัติที่สำคัญของข้อมูล โดยจะมีการระบุแหล่งที่มาของข้อผิดพลาดและคำนวณระดับของความเชื่อมั่น ทำให้ได้ชุดข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ | การตรวจสอบทางวิศวกรรมหมายรวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากการทดสอบของสิ่งที่ออกแบบ ซึ่งจะช่วยในการเปรียบเทียบของปัญหาที่แตกต่างกันและกำหนดวิธีการที่ดี เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์วิศวกรต้องใช้เครื่องมือที่จะระบุรูปแบบที่สำคัญและการแปลผล ซึ่งเครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องมือที่เกิดจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หามีประสิทธิภาพของการออกแบบ |
| การใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณ (Using mathematics and computational thinking) | |
| วิชาคณิตศาสตร์และการคำนวณในทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับแสดงค่าตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปร เช่น การสร้างแบบจำลอง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การแสดงผลและการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์เชิงปริมาณ ดังนั้นการคำนวณในทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้คาดการณ์ถึง การทำงานของระบบทางกายภาพพร้อมกับไปกับการทดสอบของการคาดการณ์ดังกล่าว นอกจากนี้เทคนิคทางสถิติยังช่วยแสดงนัยสำคัญ | วิชาคณิตศาสตร์และการคำนวณในทางวิศวกรรมเป็นส่วนหลักของกระบวนการออกแบบ ยกตัวอย่างเช่น วิศวกรโครงสร้างใช้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบและคำนวณความทนต่อความเครียดของโครงสร้างในขอบเขตงบประมาณที่ยอมรับได้ นอกจากนี้การทดลองใช้จะทำให้มองเห็นวิธีการการพัฒนาของการออกแบบ |
| การสร้างคำอธิบายและออกแบบการแก้ปัญหา (Constructing explanations and designing solutions) | |
| เป้าหมายของวิทยาศาสตร์คือการสร้างทฤษฎีที่ใช้อธิบายสิ่งต่างๆ บนวัสดุ ทฤษฎีที่ได้จะกลายมาเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับหากมีหลักฐานเชิงประจักษ์ และมีคำอธิบายที่น่าเชื่อถือด้วยความรู้ความเข้าใจในทางวิทยาศาสตร์ที่มากกว่าทฤษฎีเดิม | เป้าหมายของการออกแบบทางวิศวกรรมคือวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบระเบียบอยู่บนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบของวัสดุบนโลก ผลการแก้ปัญหาของแต่ละปัญหาได้มาจากความสมดุลระหว่างกระบวนการเทคโนโลยี ต้นทุน ความปลอดภัย กฎระเบียบ |

**ตาราง 3 (ต่อ)**

| กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | กระบวนการทางวิศวกรรม |
|---|---|
| | และความสวยงาม ฉะนั้นมักไม่มีทางออกเดียว แต่จะมีการแก้ปัญหาเลือกที่ดีที่สุดที่ขึ้นอยู่เงื่อนไข และข้อจำกัดดังกล่าว |
| การส่งเสริมให้มีการโต้แย้งด้วยหลักฐาน (Engaging in argument from evidence) | |
| ในทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลและการโต้แย้ง มีความจำเป็นสำหรับการทำความเข้าใจจุดแข็ง และจุดอ่อนของหลักฐาน และสำหรับการระบุ คำอธิบายที่ดีที่สุด โดยนักวิทยาศาสตร์ต้อง ปกป้องคำอธิบายด้วย การหาหลักฐานที่มั่นคง ของข้อมูลและตรวจสอบความเข้าใจจากหลักฐาน รวมถึงตรวจสอบข้อคิดเห็นจากบุคคลอื่น เพื่อช่วยกันเลือกคำอธิบายที่เหมาะสมสำหรับ ปรากฏการณ์นั้นๆ | ในทางวิศวกรรม การให้เหตุผลและการโต้แย้ง มีความจำเป็นต่อการหาทางออกที่ดีที่สุด ในการแก้ไขปัญหา เนื่องจากวิศวกรจะทำงาน ร่วมกันกับเพื่อนในกระบวนการออกแบบ และใช้ วิธีการที่เป็นระบบเพื่อเปรียบเทียบทางเลือก กำหนดหลักฐานอยู่บนพื้นฐานของข้อมูล ทำการโต้แย้งเพื่อหาข้อสรุป ประเมินความคิดของ เพื่อนร่วมงาน และแก้ไขการออกแบบเพื่อให้ได้ ทางออกที่ดีที่สุด |
| การเก็บรวบรวม การประเมิน และการสื่อสารข้อมูล (Obtaining, evaluating, and communicating information) | |
| วิทยาศาสตร์ไม่สามารถก้าวหน้าได้ถ้า นักวิทยาศาสตร์ไม่ติดต่อสื่อสารหรือเผยแพร่ หรือไม่เรียนรู้การค้นพบของผู้อื่น การปฏิบัติที่ สำคัญของวิทยาศาสตร์จึงเป็นการสื่อสาร ความคิดและผลการสืบค้น เช่น เล่าปากเปล่า เขียนโดยใช้ตาราง แผนภาพ กราฟและสมการ และการร่วมกันอภิปรายของนักวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ต้องใช้ความสามารถในการรับรู้ ความหมายจากตำราวิทยาศาสตร์ต่างๆ เช่น จัดทำเอกสาร อินเทอร์เน็ต การประชุม หรือ การบรรยายเพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูล ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาก่อนนำมานำเสนอ | วิศวกรไม่สามารถผลิตเทคโนโลยีใหม่หรือ ปรับปรุงเทคโนโลยีเก่าได้ ถ้าการออกแบบไม่ได้รับ การสื่อสารอย่างชัดเจน วิศวกรต้องสามารถแสดง ความคิดผ่านการพูดและการเขียนด้วยการใช้ ตาราง กราฟ ภาพวาด หรือแบบจำลอง และ การร่วมอภิปรายกับเพื่อน นอกจากนี้ยังเช่นเดียว กับนักวิทยาศาสตร์ วิศวกรสามารถรับรู้ ความหมายจากตำรา หรือเพื่อนร่วมงาน เพื่อประเมินข้อมูลและนำมาใช้ประโยชน์ |

แองเจนรีเดอร์ (Egenrieder, 2010, pp.38-39) ได้แสดงความสัมพันธ์ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม โดยกล่าวว่า ขณะที่นักเรียนเลือกและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบในการสำรวจคำถามหรือมีปัญหาการวิจัย นักเรียนจะได้ทำการขยายความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรรม และตระหนักถึงความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปร อีกทั้งตระหนักถึงความสัมพันธ์และความแตกต่างของสิ่งต่างๆ โดยส่วนใหญ่วิธีการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจะเริ่มต้นด้วยการระบุคำถามหรือปัญหาก่อน จากนั้น วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบจะปฏิบัติไปตามเส้นทางที่คล้ายกันแต่ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันตามที่แสดงดังภาพ 8 กล่าวคือ นักวิทยาศาสตร์จะพัฒนาสมมติฐานที่นำไปสู่การทดสอบอิทธิพลหรือความสัมพันธ์ของตัวแปร แต่วิศวกรระบุเกณฑ์หรือข้อจำกัดสำหรับการแก้ไขปัญหา จากนั้นทำตามขั้นตอนการออกแบบและประเมินการออกแบบการประเมินของรูปแบบหรือต้นแบบ รวมทั้งนำเสนอเป็นวิธีการแก้ปัญหาออกมา แต่ในขั้นตอนสุดท้ายทั้งการศึกษาใน ทางวิทยาศาสตร์และการศึกษาด้านวิศวกรรมมีขั้นตอนที่สำคัญเหมือนกัน คือ การรายงานหรือแบ่งปันผลการวิจัยให้บุคคลอื่นได้รับทราบ โดยเผยแพร่ผ่านการทำสื่อสิ่งพิมพ์ วารสาร การประชุมโปสเตอร์ และการนำเสนอผลงานในงานแสดงหรือมหกรรมต่างๆ ซึ่งครูสามารถเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นจากการทำโครงการออกแบบระยะเวลาที่สั้นหรือใช้เวลาตลอดทั้งปี

**ภาพ 8 แสดงตัวอย่างของวิธีทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน**

**ที่มา**: Egenrieder, 2010, p.38

จากที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มีความคล้ายคลึงกันตลอดกระบวนการ มีเพียงขั้นตอนการกำหนดปัญหาและคำถามเท่านั้นที่แตกต่างกัน กล่าวคือ นักวิทยาศาสตร์จะเริ่มตั้งคำถามจากสิ่งที่ตนเองสังเกตเห็น แต่วิศวกรจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดขอบเขตของปัญหาที่เกิดขึ้นและต้องการแก้ไข อีกทั้ง วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบจะได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ฉะนั้น การเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

**1.5 เทคโนโลยีตามแนวทางของสะเต็มศึกษา**

คนทั่วไปมักเข้าใจว่าเทคโนโลยี หมายถึง คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่เรานำมาใช้ในการอำนวยความสะดวก เช่น โทรศัพท์ โทรทัศน์ รถยนต์ เป็นต้น แต่ใน ความเป็นจริงเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความหมายกว้างกว่านั้น ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้หลากหลาย ดังนี้

สถาบันวิจัยแห่งชาติ (National Research Council, 2001 อ้างอิงใน อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 36) ได้กล่าวไว้ว่า เทคโนโลยีประกอบไปด้วยระบบทั้งหมด ได้แก่ คนและองค์กร ความรู้ กระบวนการ และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างและ/หรือดำเนินงานสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังรวมถึงตัวสิ่งประดิษฐ์ด้วย โดยมนุษย์ได้สร้างสรรค์เทคโนโลยีขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการและความจำเป็นของมนุษย์ ในขณะที่ โคเลอร์ และคณะ (Koehler, et al., 2013, หน้า 5) กล่าวว่า การรู้เทคโนโลยีเป็นความสามารถของบุคคลในการตัดสินใจข้อมูลต่างๆ บนพื้นฐานความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี ขอบเขตพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่สามารถส่งเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 8 ข้อ ดังนี้

1. การเกษตร (agriculture)
2. วัสดุ (materials)
3. การผลิต (manufacturing)
4. แหล่งพลังงาน (energy sources)
5. การใช้พลังงาน (energy use)
6. การสื่อสาร (communication)
7. การประมวลผลข้อมูล (information processing)
8. เทคโนโลยีด้านสุขภาพ (health technology)

แต่ละส่วนที่กำหนดในกรอบพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับการส่งเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์นี้ เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมุ่งเน้นให้รวมอยู่ในเทคโนโลยีและวิศวกรรมอย่างชัดเจน ซึ่งอาจนำมารวมในหัวข้อที่ศึกษา

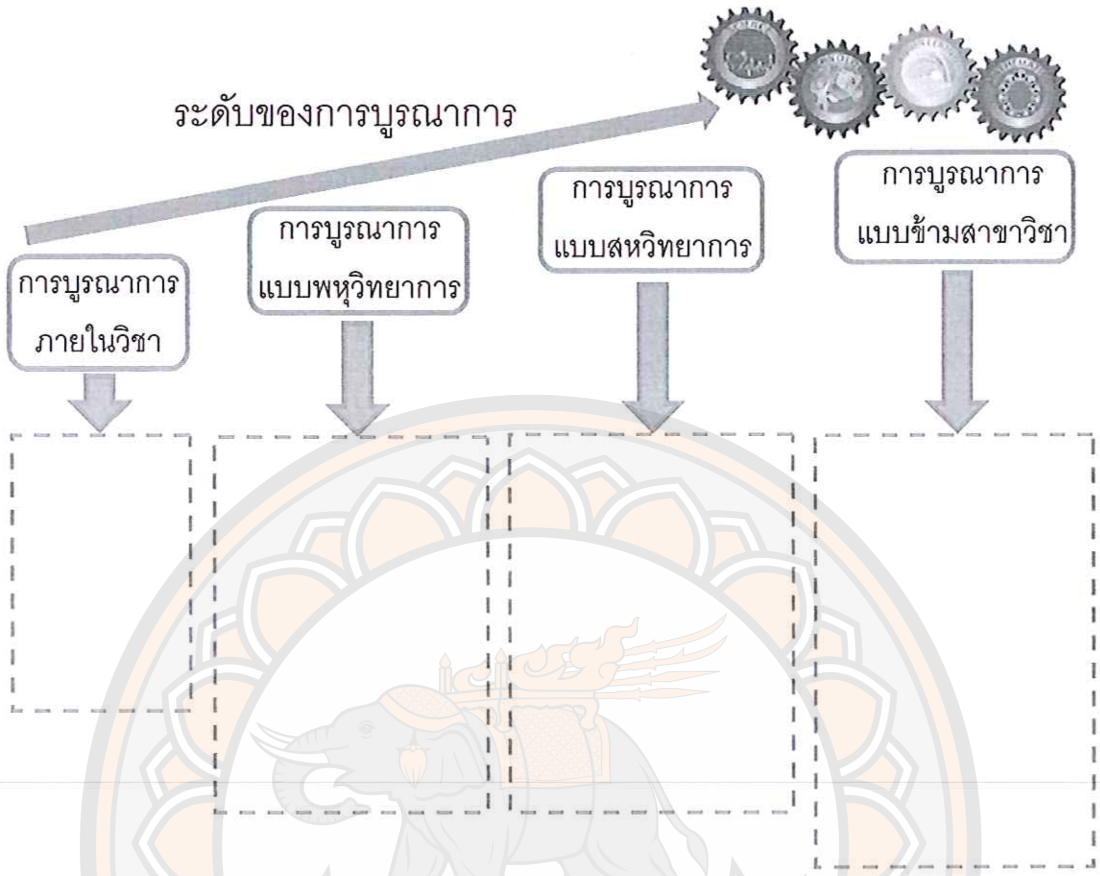
กรอบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับพื้นฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (Next Generation Science Standard, 2012 อ้างอิงใน อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 37) ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีว่า หมายถึง การนำความรู้ ทักษะ และทรัพยากรมาสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการโดยผ่านกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อสนองความต้องการหรือเพิ่มความสามารถในการทำงานของมนุษย์ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่เกิดจากการพัฒนาปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์ก็จัดเป็นเทคโนโลยีด้วยเช่นกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เทคโนโลยีตามแนวทางของสะเต็มศึกษา คือ ความรู้ กระบวนการ และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังรวมถึงตัวสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการพัฒนาปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ ทางวิศวกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการและความจำเป็นของมนุษย์ สำหรับงานวิจัยนี้ เทคโนโลยี คือ สื่อสารสนเทศที่สนับสนุนการแก้ปัญหา และกระบวนการเลือกใช้วัสดุในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงตัวชิ้นงานหรือแบบจำลองที่ได้มาจากกระบวนการทางวิศวกรรม

**1.6 การบูรณาการของสะเต็มศึกษา**

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แนวทางหนึ่งในการเตรียมคนให้มีสมรรถนะเพื่อดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 และเป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ

วาสเกซ ไนเดอร์ และโคเมอร์ (Vasquez, Sneider and Comer, 2013, p.185) กล่าวถึง ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาว่าสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) ดังแสดงในภาพ 9




**ภาพ 9 แสดงระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา**

**ที่มา**: Vasquez, Sneider and Comer, 2013, p.185

การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาแยกกัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้ที่แยกวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีออกตามแต่ละรายวิชา

การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (theme) ที่กำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียน ได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้อง ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในแต่ละสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) คือ การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวนักเรียนเอง ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากปัญหาที่นักเรียนให้ความสนใจ โดยครูอาจกำหนดกรอบของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ ตัวชี้วัดในวิชาที่เกี่ยวข้อง และความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานและโครงงานเป็นฐานเป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาแบบนี้ จะทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีและสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาบูรณาการกันเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่

การบูรณาการของสะเต็มศึกษามีทั้งหมด 4 ขั้นดังที่กล่าวมาข้างต้น สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การบูรณาการการบูรณาการแบบสหวิทยาการรวมกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหา

**2. การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน**

**2.1 ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน**

ความคิดของการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาหรือการจัดการกับปัญหาไม่ได้เป็นเรื่องใหม่ และสามารถที่จะติดตามต้นกำเนิดของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning: PBL) ได้

เลวิน และนิดิฟเฟอร์ (Levine and Nidiffer, 1996, p.54) กล่าวว่า การเรียนรู้ผ่านปัญหามีมานานตั้งแต่ในช่วงศตวรรษที่ 5 ก่อนคริสตกาล ตัวอย่างเช่น โปรทาโกรัส (Protagoras) ที่ฝึกฝนนักเรียนให้เรียนรู้ในตรรกวิทยาด้วยการนำเสนอวิทยานิพนธ์หรือปัญหา และโสเครตีส

(Socrates) ที่ใช้วิธีการตั้งคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสำรวจความบกพร่องของการแก้ปัญหาของที่เขายื่นให้ แต่ เฟอร์แมน (Fuhrmann, 1996, p.87) กล่าวว่า การเรียนรู้ผ่านปัญหาเมื่อเร็วๆ นี้อาจจะพบได้ในทฤษฎีของ ดิวอี้ (Dewey) ในปี 1938 ที่เน้นว่า ความสามารถของมนุษย์เกิดจากการสร้างประสบการณ์ เนื่องจากดิวอี้ไม่เห็นด้วยกับทฤษฎีความรู้ที่เป็นอิสระจากบทบาทการสืบเสาะเพื่อการแก้ปัญหา ฉะนั้นแนวคิดการเรียนรู้ของดิวอี้ก็คือการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

เมเจอร์ และคณะ (Major, et al., 2000, p.2) อธิบายว่า การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานนำมาใช้เป็นครั้งแรกในช่วงปลายทศวรรษ 1960 ต่อมาในปี 1980 บาร์โรว์ และเทมบลิน (Barrows and Tamblyn) นำมาใช้ในการวิจัยเพื่อความรู้แบบบูรณาการของนักศึกษาแพทย์ที่โรงเรียนแพทย์ชื่อว่า McMaster University Medical School ในประเทศแคนาดา ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาแพทย์จำนวนหนึ่งสามารถเรียนรู้ผ่านปัญหาได้เป็นอย่างดี ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับการยอมรับและมีการนำไปใช้ในหลักสูตรแพทยศาสตร์ของสถาบันต่างๆ ต่อมา จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้กัน อย่างแพร่หลายในสถาบันการศึกษาสายวิชาชีพต่างๆ ในหลักสูตรระดับอุดมศึกษา (Barrows, 1996 as cited in Mierson and Parikh, 2000, p.23)

**2.2 ความหมายการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน**

การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีความหมายที่หลากหลายแตกต่างกัน ซึ่งมีผู้อธิบายความหมายของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานกันไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

เมเจอร์ และคณะ (Major, et al., 2000, p.2) กล่าวว่า วิธีการแก้ปัญหาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถพัฒนาการเรียนรู้ ความเข้าใจเนื้อหา และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน

จอร์น และคณะ (John, et al., 2011, pp.282-283) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่จัดหลักสูตรที่มีโครงสร้างการแก้ไขปัญหาอย่างหลวมๆ เพื่อให้นักเรียนพยายามที่จะแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และทักษะจากหลายสาขาวิชาในระดับการศึกษาขั้นสูงวิธีการเรียนการสอนนี้ใช้ปัญหาที่ซับซ้อนและน่าสนใจเป็นบริบทและตัวกระตุ้นการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและเป็นผู้แนะแนวส่วนนักเรียนเป็นเจ้าของกระบวนการเรียนรู้ที่ดำเนินการเพื่อหาทางแก้ปัญหาบางอย่างที่เกิดขึ้น

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2549, หน้า 42-43) ให้ความหมายว่า การใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่สามารถนำไปใช้พัฒนาหลักสูตรและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีหลักการที่สำคัญคือผู้สอนจะใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นผู้เรียนใช้แสวงหาความรู้เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดทิศทางการเรียนรู้ของตนเอง (Self-Directed Learning)

อภิชัย เหล่าพิเดช และอรพิณ ศิริสัมพันธ์ (2556, หน้า 760) อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) โดยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโลกเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหารวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาไปพร้อมกันด้วย การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาเป็นหลัก แต่ถ้ามองในแง่ของยุทธศาสตร์การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นเทคนิคการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการคิดหลายรูปแบบ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

ทิศนา แขมมณี (2557, หน้า 137-138) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรืออาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือก และวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมถึงช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและเกิดทักษะกระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเกิดขึ้นจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะใช้สถานการณ์ปัญหาจริงหรืออาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญมาเป็นเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ และแสวงหาความรู้มาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม ผู้เรียนจะได้ความรู้ผ่านการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาด้วยตนเอง และเกิดทักษะในการคิดขั้นสูงไปพร้อมกัน

### 2.3 ลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญต่างๆ ของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

วอลตัล และแมทธิว (Walton and Matthews, 1989 as cited in Major, et al., 2000, pp.2-3) กล่าวถึง ขอบเขตของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานว่า มีลักษณะที่สำคัญ คือให้ผู้เรียนใช้ความรู้ในการแก้ปัญหามากกว่ามุ่งเน้นการบูรณาการและให้ความสำคัญกับทักษะ

การเรียนรู้ อีกทั้ง ให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาทักษะและแรงจูงใจร่วมกับการพัฒนาความสามารถที่จะเรียนรู้ตลอดชีวิต

จิกซีเลียร์ (Gijselears, 1996, pp.13-14) กล่าวถึง ลักษณะของการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 3 ประการ คือ

1. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้สร้างความรู้เชื่อมโยงกับมโนทัศน์ ทำให้เกิดข้อมูลใหม่ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา แต่การเกิดความรู้ใหม่ ก็ขึ้นอยู่กับความรู้เดิมที่มีอยู่

2. การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อนักเรียนมีโอกาสในการกำกับตนเอง ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน โดยนักเรียนจะได้กำกับตนเอง คือ 1) กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 2) เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาเพื่อให้ประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ และ 3) ประเมินผลการบรรลุจุดประสงค์ ซึ่งเป็นการตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

3. ปัจจัยทางสังคมและองค์ประกอบแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ เพราะเป็นปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและนำความรู้ไปใช้เป็นกระบวนการแก้ปัญหาได้ กล่าวคือ รูปแบบการเรียนที่เป็นไปตามสภาพแวดล้อมที่ทำให้ผู้เรียนประสบปัญหาจริง ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา และปัจจัยทางสังคมก็มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล นั่นคือ การทำงานเป็นกลุ่มทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน อันจะก่อให้เกิดทางเลือกที่หลากหลายที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

ชาร์ลิน และคณะ (Charlin, et al., n.d. อ้างอิงใน วัลลี สัตยาศัย, 2547, หน้า 16) ได้กล่าวถึง ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 7 ประการ ได้แก่

1. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้

2. เป็นยุทธวิธีทางการศึกษาที่ไม่เป็นวิธีการแบบโดดเดี่ยว แต่มักใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ ด้วย เช่น การบูรณาการการเรียนเป็นกลุ่มย่อย

3. เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

4. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (Active Participation)

5. ผู้เรียนมีการกระตุ้นความรู้เดิมที่มีอยู่มาใช้

6. บรรยากาศของการเรียนเป็นไปอย่างมีความหมาย เช่น รู้ว่าสิ่งที่เรียน คือ สิ่งที่จะนำไปใช้ในอนาคต

7. ผู้เรียนมีโอกาสขยายและต่อเติมความรู้ความเข้าใจให้สมบูรณ์และเป็นระบบ

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545, หน้า 13) ได้กล่าวถึง ลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้อย่างแท้จริง
2. การเรียนรู้เกิดขึ้นในกลุ่มผู้เรียนที่มีขนาดเล็ก
3. ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก หรือผู้ให้คำแนะนำ
4. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
5. ปัญหาที่นำมาใช้จะต้องไม่ชัดเจน และอาจมีหลายคำตอบหรือหลายหนทางในการแก้ปัญหา
6. ผู้เรียนเป็นคนแก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ๆ ด้วยตนเอง
7. ประเมินผลจากสถานการณ์จริง โดยดูจากความสามารถในการปฏิบัติ

นอกจากนี้ มัณฑรา ธรรมบุศย์ ยังกล่าวว่า การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไม่ใช่การสอนแบบแก้ปัญหา เพราะการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ปัญหาที่นำมาใช้ต้องเกี่ยวข้องกับศาสตร์โดยตรงของผู้เรียน โดยปัญหาต้องเป็นตัวกระตุ้นหรือนำทางให้ผู้เรียนไปแสวงหาความรู้และความเข้าใจด้วยตนเอง เพื่อจะได้ค้นพบคำตอบของปัญหานั้น

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 2-3) กล่าวถึง การเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า ประกอบไปด้วย ลักษณะ 7 ประการ ได้แก่

1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้
2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียนหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง
3. ผู้เรียนต้องได้เรียนรู้ด้วยตนเอง มีการค้นคว้าและแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง ทำการวางแผนการเรียนเองในทุกขั้นตอน
4. ผู้เรียนได้เรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย
5. การเรียนรู้ต้องมีลักษณะการบูรณาการความรู้และทักษะกระบวนการต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน
6. ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จะได้มาภายหลังจากการผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
7. การประเมินผลเป็นการประเมินตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานและความก้าวหน้าของผู้เรียน

ทิศนา แขมมณี (2557, หน้า 138) กล่าวถึง ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 10 ประการ ดังนี้

1. ผู้สอนและผู้เรียนมีการร่วมกันเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจหรือตรงกับความต้องการของผู้เรียน

2. ผู้สอนและผู้เรียนมีการออกไปเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาจริงหรือผู้สอนอาจจะจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา

3. ผู้สอนและผู้เรียนมีการวิเคราะห์ปัญหา และหาสาเหตุของปัญหาร่วมกัน

4. ผู้เรียนมีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน

5. ผู้สอนมีการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล ศึกษาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

6. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้า และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

7. ผู้สอนมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกที่หลากหลายในการแก้ปัญหาและพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม

8. ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุป และประเมินผล

9. ผู้สอนมีการติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียน และให้คำปรึกษา

10. ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ ทั้งด้านผลงานและกระบวนการ

จากที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะต้องเริ่มต้นด้วยสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง หรือผู้สอนอาจจะจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา เพื่อดึงดูดความสนใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ผ่านการวิเคราะห์ วางแผน ค้นคว้า แสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยให้ความสำคัญกับทักษะกระบวนการต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษา อีกทั้งประเมินผลการเรียนรู้จากผลงานและตามสภาพจริง

**2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน**

การเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาเป็นหลักสำคัญ ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ฮัฟฟ์แมน (Huffman, 1997, p.55) เสนอ 5 ขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวาดภาพร่าง

ขั้นที่ 2 การกำหนดปริมาณที่รู้จักและไม่รู้จัก

ขั้นที่ 3 การเลือกสมการ

ขั้นที่ 4 การแก้สมการ

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ

ดีไลซ์เอล (Delisle, 1997, pp.26-26) กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงไปสู่ปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนควรจะรู้สึกว่าปัญหามีความสำคัญและน่าสนใจ โดยผู้สอนควรเลือกปัญหาที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่ผู้เรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 จัดโครงสร้าง ในขั้นนี้ผู้สอนต้องแน่ใจว่าผู้เรียนเชื่อมโยงสู่ปัญหาได้แล้ว และผู้เรียนจะต้องจัดขอบเขตการทำงานเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ โดยผู้สอนและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายเพื่อจัดโครงสร้างของการทำงานอันประกอบด้วย

1. แนวคิด/แนวทางในการแก้ปัญหา (Ideas)
2. ข้อเท็จจริง (Facts)
3. ประเด็นที่ต้องศึกษาค้นคว้า (Learning issues)
4. แผนการดำเนินงาน (Action plan)

ขั้นที่ 3 เข้าไปสู่ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้กระบวนการกลุ่มในการร่วมกันสำรวจปัญหาและร่วมกันอภิปรายโครงสร้างการเรียนรู้ จากนั้น ผู้เรียนจะแบ่งหน้าที่ในการศึกษาค้นคว้าอย่างอิสระแล้วนำความรู้ที่ได้มาเสนอต่อกลุ่มจนกระทั่งได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับแก้ปัญหา ผู้สอนจะเป็นผู้คอยแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจช่วยเหลือนักเรียนได้ และหลังจากทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จเรียบร้อย ผู้สอนและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายอีกครั้ง

ขั้นที่ 4 กลับเข้าสู่ปัญหาอีกครั้งหลังจากที่ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จเรียบร้อย ผู้สอนและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียนอีกครั้ง โดยผู้เรียนแต่ละกลุ่มรายงานการศึกษาค้นคว้า และระหว่างประเมินผู้สอนจะทำการประเมินแหล่งข้อมูล เวลาที่ใช้ และผลลัพธ์ทั้งหมดของการดำเนินงานของผู้เรียน ถ้าประเมินพบว่า ความรู้ที่ได้มานั้นไม่เพียงพอก็จะมีการกำหนดประเด็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้ง

ขั้นที่ 5 การผลิตผลงานหรือการแสดงความสามารถ ในขั้นนี้จะนำความรู้ที่ได้มาดำเนินงานตามแผนเพื่อผลิตผลงานหรือหาคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 6 การประเมินกระบวนการและปัญหา ในขั้นตอนของการประเมินนี้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมิน ทั้งการประเมินทักษะการเรียนรู้ การให้เหตุผล การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม และประเมินปัญหาที่นำมาใช้ด้วย

ไอเรนดซ์ (Arends, 2001, pp.362-266 อ้างอิงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2550, หน้า 151) ได้สรุปกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. แนะนำปัญหา เพื่อแจ้งจุดมุ่งหมายของการเรียนสร้างทัศนคติที่ดีต่อการเรียน บอกสิ่งที่นักเรียนต้องทำ และแนะนำขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา

2. กำหนดงานที่ต้องดำเนินการ เพื่อช่วยนักเรียนกำหนดงานที่ต้องทำ

3. รวบรวมข้อมูล เพื่อช่วยให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลหรือดำเนินการทดลองเพื่อค้นหาข้อมูล

4. เตรียมนำเสนอผลงาน เพื่อช่วยนักเรียนวางแผนและเตรียมนำเสนอผลงาน

5. วิเคราะห์และประเมินผลการทำงาน เพื่อช่วยนักเรียนวิเคราะห์และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 8) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ เพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการค้นคว้า ผู้เรียนดำเนินการค้นคว้าด้วยตนเอง และใช้วิธีค้นคว้าที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รับมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน แล้วอภิปรายผลของความรู้ที่สังเคราะห์ว่าเหมาะสมเพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าคำตอบ ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มจะสรุปและประเมินผลงานของกลุ่มตนเอง แล้วสรุปเป็นองค์ความรู้อีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบขององค์ความรู้ และนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลายร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อประเมินผลงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอนที่หลากหลายแตกต่างกันไป แต่หากพิจารณาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่าประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ได้แก่ การกำหนดปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา วางแผนสำหรับการดำเนินการ ดำเนินการสืบเสาะข้อมูลที่หลากหลาย นำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา ประเมินผลการแก้ปัญหา และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

## 2.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นครูกลางของการเรียนรู้ และครูผู้สอนก็เป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือแนะแนวทางให้กับนักเรียน นอกจากลักษณะที่กล่าวมานี้ นักวิชาการหลายท่านได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 9-13) ได้กล่าวถึง ลักษณะของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าควรมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

บทบาทของครูผู้สอน

1. ผู้สอนต้องมุ่งมั่นตั้งใจสูง รู้จักแสวงหาความรู้ เพื่อพัฒนาตนเองอยู่เสมอ
2. ผู้สอนต้องรู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของผู้เรียน เพื่อสามารถให้คำแนะนำช่วยเหลือผู้เรียนได้ทุกเวลา
3. ผู้สอนต้องเข้าใจขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้ทุกขั้นตอน เพื่อจะได้แนะนำให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนได้ถูกต้อง
4. ผู้สอนต้องมีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และการติดตามประเมินผลการพัฒนาของผู้เรียน
5. ผู้สอนต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้วยการจัดหาสื่ออุปกรณ์สนับสนุนการเรียนรู้ให้เหมาะสมเพียงพอ จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ จัดเตรียมห้องสมุด อินเตอร์เน็ต ฯลฯ
6. ผู้สอนต้องชี้แจ้งและปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจ และเห็นคุณค่าของการเรียนรู้แบบนี้
7. ผู้สอนต้องมีความรู้ ความสามารถด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงให้ครบทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

บทบาทของผู้เรียน

1. ผู้เรียนต้องปรับทัศนะคติในบทบาทหน้าที่และการเรียนรู้ของตนเอง
2. ผู้เรียนต้องมีคุณลักษณะด้านการใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบสูง รู้จักการทำงานร่วมกันอย่างมีระบบ
3. ผู้เรียนต้องได้รับการวางพื้นฐานและฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น กระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูล การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การสรุป การแนะเสนอผลงานและการประเมินผล
4. ผู้เรียนต้องมีทักษะการสื่อสารที่ดีพอ

สุภามาส เทียนทอง (2553, หน้า 40-542) อธิบายบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

บทบาทของผู้สอน

การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ครูผู้สอนจะมีบทบาทที่ต่างไปจากการเรียนรู้แบบเดิม กล่าวคือ ครูไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่ในการมอบความรู้หรือถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนเพียงอย่างเดียว แต่จะเป็นผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนและเสริมสร้างสติปัญญาในระดับสูง นอกจากนี้ อาจารย์ยังมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียน สร้างบทเรียนที่เป็นสถานการณ์ปัญหาที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในเนื้อหาที่เป็นแนวคิดสำคัญของปัญหานั้น ตลอดจนการประเมินผลการเรียน ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ครูผู้สอนต้องทำหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้ให้ความรู้แก่ผู้เรียนในแขนงที่ตนเชี่ยวชาญ และจะทำการสอนเมื่อเป็นความต้องการของผู้เรียน โดยสอนในขอบเขตเนื้อหาที่ผู้เรียนต้องการ

2. ครูผู้สอนต้องทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียน กล่าวคือ ครูจะต้องมีสมรรถภาพในการช่วยเหลือให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ ฉะนั้นครูต้องมีความสามารถในการแนะนำแต่ไม่ใช่การชี้นำ และอำนวยความสะดวกการเรียนรู้แต่ไม่ใช่ให้ความรู้ ซึ่งครูจะต้องให้ผู้เรียนในกลุ่มได้เรียนรู้จากปัญหา มีกิจกรรมที่แข่งขัน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการค้นพบด้วยตนเอง

บทบาทของผู้เรียน

1. ผู้เรียนต้องมีความรู้ความสามารถ ความรู้ความสามารถเดิมที่เหมาะสมกับปัญหาที่จะเรียนเป็นสิ่งที่อาจารย์ต้องตระหนัก เพราะถ้าผู้สอนเตรียมปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนและไม่สัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียนแล้ว จะทำให้ผู้เรียนเกิดความลำบากและเสียเวลาในการกำหนดทิศทางการแสวงหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหานั้น

2. ผู้เรียนต้องมีความสามารถในการติดต่อกับผู้อื่น ความสามารถในการติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะให้ผู้เรียนเรียนเป็นกลุ่มย่อย การติดต่อสื่อสารจะช่วยให้การเรียนรู้ในกลุ่มมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ผู้เรียนต้องมีความตระหนักในความสำคัญ กล่าวคือผู้เรียนควรตระหนักถึงความสำคัญของภาระงาน มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด

4. ผู้เรียนต้องมีความกล้าในการตัดสินใจ การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนที่ผู้เรียนจำได้รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และตัดสินใจเลือกข้อมูลนั้น ดังนั้น ผู้เรียนจะต้องมีความกล้าในการตัดสินใจ

5. ผู้เรียนต้องมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความคิดสร้างสรรค์ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างให้เกิดและต้องใช้เวลานานในการพัฒนา อย่างไรก็ดีการจัดการเรียนรู้แบบนี้จะช่วยพัฒนาให้เกิดได้ต่อเมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์เพิ่มขึ้น

นอกจากบทบาทที่ผู้เรียนต้องเรียนด้วยวิธีการแก้ปัญหาแล้ว บทบาทของผู้เรียนในกลุ่มย่อยเป็นอีกกระบวนการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่ต้องให้ความสำคัญเนื่องจากผู้เรียนต้องเรียนเป็นกลุ่มย่อยประมาณ 6-8 คน ฉะนั้น หากผู้เรียนมีบทบาทในกลุ่มย่อยที่ชัดเจนจะทำให้การทำงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ กล่าวคือ ผู้เรียนแต่ละคนจะต้องมีบทบาทที่ชัดเจน ได้แก่ ประธาน เลขาธิการ และสมาชิกของกลุ่ม โดยแต่ละคนจะต้องมีบทบาทร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาที่ได้รับและให้ความร่วมมือภายในกลุ่มเพื่อสร้างวัตถุประสงค์การศึกษามีการถกเถียงต่อรอง หรืออภิปรายเพื่อสร้างกฎเกณฑ์ของกลุ่ม ร่วมกันทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมที่จะให้คำติชมอย่างเปิดเผยตรงไปตรงมาและต้องมีความซื่อสัตย์ต่อกลุ่ม โดยทุกคนจะต้องทำงานที่กลุ่มมอบหมายให้ตรงเวลาที่กำหนด

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ครูผู้สอนจะต้องรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล และเป็นผู้ที่ค้นหาความรู้ใหม่ๆ อยู่เสมอ อีกทั้งทำหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นๆ และเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดหาสื่อและอุปกรณ์ให้แก่ผู้เรียน ในขณะที่ผู้เรียนจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้แสวงหาความรู้ที่ใฝ่รู้ใฝ่เรียน กล้าตัดสินใจ และมีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร

**3. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้รับความนิยมมากในการเรียนรู้ในปัจจุบัน แต่นักการศึกษาหรือนักวิชาการที่กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ชัดเจนยังมีจำนวนไม่มาก ดังนี้

ลู และคณะ (Lou, et al., 2010, p.199) เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียนและใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองพร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. (2010, p.199) ที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากมีความเหมาะสมกับบริบทที่ทำการวิจัยและสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ตามรายละเอียดที่แสดงดังตาราง 4

**ตาราง 4 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. เทียบกับการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาและพฤติกรรมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

<table>
<tr><th rowspan="2">การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</th><th colspan="4">การบูรณาการสะเต็มศึกษา</th><th rowspan="2">พฤติกรรมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์</th></tr>
<tr><th>วิทยาศาสตร์</th><th>เทคโนโลยี</th><th>วิศวกรรม</th><th>คณิตศาสตร์</th></tr>
<tr><td>ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา</td><td rowspan="4">แรง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์ พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล</td><td>คลิปวิดีโอเสนอสถานการณ์ปัญหา</td><td>การระบุปัญหา</td><td>-</td><td>1. กำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหา</td></tr>
<tr><td>ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา</td><td>-</td><td>การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง</td><td>อัตราส่วน กฎของไซน์ ตรีโกณมิติ และจำนวนจริง</td><td>2. ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา</td></tr>
<tr><td>ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน</td><td>กระบวนการในการเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาสร้างชิ้นงาน</td><td>การวางแผนและพัฒนา</td><td>ชั่ง ตวง วัด และจำนวนจริง</td><td>3. เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา</td></tr>
<tr><td>ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง</td><td>-</td><td>การวางแผนและพัฒนา</td><td>ชั่ง ตวง วัด และจำนวนจริง</td><td>3. เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา</td></tr>
</table>

ตาราง 4 (ต่อ)

<table>
<tr><th rowspan="2">การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</th><th colspan="4">การบูรณาการสะเต็มศึกษา</th><th rowspan="2">พฤติกรรมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์</th></tr>
<tr><th>วิทยาศาสตร์</th><th>เทคโนโลยี</th><th>วิศวกรรม</th><th>คณิตศาสตร์</th></tr>
<tr><td>ขั้นที่ 5<br>ขั้นปรับโครงสร้าง</td><td rowspan="2">แรง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์ พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล</td><td>แบบจำลองที่เป็นผลมาจากการใช้กระบวน การทางวิศวกรรม</td><td>การวางแผนและพัฒนา</td><td>ชั่ง ตวง วัด</td><td>4. เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม<br>5. นำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาปฏิบัติหรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้น</td></tr>
<tr><td>ขั้นที่ 6<br>ขั้นประเมิน</td><td>-</td><td>การทดสอบและประเมินผล การนำเสนอผล</td><td>-</td><td>5. นำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาปฏิบัติหรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้น</td></tr>
</table>

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. **งานวิจัยภายในประเทศ**

**ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน (2550) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยการ จับฉลากเลือกห้องเรียน 1 ห้องจาก 4 ห้องเรียน และใช้แบบแผนการทดลองเป็นแบบ One group pretest-posttest design เครื่องมือที่ใช้ในเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ และแบบทดสอบโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติแบบ t-test Dependent Samples ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับ

การสอนโดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิราวรรณ สอนสวัสดิ์ (2554) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มดำเนินการวิจัยจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอนและจับฉลากแบ่งกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ส่วนกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ Randomized control group pretest-posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติ คือ t-test Dependent Samples และ t-test for Independent Sample ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้น หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์

กันติกาน สืบกินร (2551) ศึกษาผลการเรียนรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างและดำเนินการวิจัย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารในชีวิตประจำวัน และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า t-test Dependent ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ก่อนจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีความแตกต่างกับผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอน และนักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากกับการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT

วิชชุดา อ้วนศรีเมือง (2554) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT ผู้วิจัยสุมกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงและนำมาสุมอย่างง่ายเพื่อเลือกกลุ่มทดสองที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT โดยใช้แผนการทดลองประยุกต์ตามแบบแผนการวิจัยแบบ Randomized control group pretest-posttest design และใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เช่นกัน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติ t-test Dependent Samples และ t-test Independent Samples ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่า มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ส่วนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT ก็มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 แต่เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

**2. งานวิจัยต่างประเทศ**

**2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

Bati and Kaptan (2013) ทำการศึกษาผลกระทบของการสอนวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ผู้วิจัยใช้การทดลองแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental) โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม จำนวน 23 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 25 คน ทั้งสองกลุ่มได้ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังจากนั้นกลุ่มทดลองจะได้รับการเรียนรู้ผ่านคำถามปลายเปิด ตามด้วยการสังเกต การแยกประเภทการประเมิน การวาดรูปสรุป การกำหนดและควบคุมตัวแปร การสร้างและทดสอบสมมติฐานออกแบบ การทดลอง และการตีความหมายข้อมูล ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการเรียนรู้แบบปกติทั้งสองกลุ่มจะได้ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

อีกครั้ง แล้วนำผลระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกัน ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ผลการวิจัยว่า คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มพบว่าคะแนนก่อนเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามคะแนนหลังเรียนของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างชัดเจน

**2.2 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา**

Lou, et al. (2011) ทำการสำรวจผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ต่อทัศนคติของนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในไต้หวัน ผู้วิจัยแบ่งนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อให้แต่ละกลุ่มทำการประกวดรถเข็นไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบ สะเต็มศึกษา จากนั้นผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลักฐาน ได้แก่ การบ้าน รายงานการทดลอง และการสังเกตจากเทปบันทึกในระหว่างดำเนินการวิจัย อีกทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมอย่างไม่เป็นทางการจากเนื้อหาการอภิปรายของแต่ละกลุ่มและชิ้นงานของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้านเนื้อหา หลังจากดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group interview) แบบกึ่งโครงสร้างกับอาสาสมัครจาก 5 กลุ่มที่มีคะแนนสูงสุด เพื่อประเมินถึงวิธีการนำความรู้สะเต็มศึกษาไปใช้ของกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านเนื้อหาเช่นกัน ผลการวิจัย พบว่า 1) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนได้และมีประโยชน์ต่อการเลือกประกอบอาชีพในอนาคต 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมนักเรียนให้แก้ปัญหาต่างๆ ทีละขั้นตอนและนำไปสู่ความสำเร็จในการประกวด ส่งผลให้นักเรียนได้สัมผัสกับการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาอย่างแท้จริง 3) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่านักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น และ 4) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

Tawfik, Trueman and Lorz (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนามโนมติทางชีววิทยาของนักเรียนที่ไม่ใช่สาขาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย โดยผู้เรียนที่เข้าร่วมวิจัยจะได้ลงมือแก้ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างผ่านบริบทจริงในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำและลดมลพิษ ผู้เรียนจะได้ศึกษาแหล่งน้ำจริงและกำหนดปัญหาก่อนที่จะดำเนินการ

แก้ปัญหาตามขั้นตอนโดยใช้การบูรณาการความรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังจากดำเนินการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบปลายภาค ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียนและส่งเสริมมโนมติทางชีววิทยาได้ เพราะผู้เรียนจะถูกถามคำถามในแต่ละขั้นตอน ศึกษาความรู้ด้วยตนเอง และแก้ปัญหาในบริบทจริงผ่านกิจกรรม ซึ่งจะทำให้ได้มาซึ่งประสบการณ์ที่คุ้มค่าของผู้เรียน แต่กิจกรรมเหล่านี้จำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีของครูผู้สอน

สรุปความรู้ที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้จากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT อันจะเห็นได้จากผลการวิจัยว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดจะมุ่งเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าและแก้ปัญหาด้วยตนเอง นอกจากนี้ ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ สังเกตได้จากผลการวิจัยที่พบว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนได้และมีประโยชน์ต่อการเลือกประกอบอาชีพ ในอนาคตและช่วยส่งเสริมนักเรียนให้แก้ปัญหาต่างๆ ทีละขั้นตอนและนำไปสู่ความสำเร็จ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่านักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น และช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้อีกด้วย

# บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน และเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมาย
3. บริบทของการวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

**รูปแบบการวิจัย**

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยในชั้นเรียนของ Schumuck (2006, pp.8-12 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 177) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่ครูคิดใคร่ครวญถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่า ผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น และเริ่มทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อหานวัตกรรมมาแก้ปัญหาดังกล่าว

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ครูนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

3. ขั้นสังเกต (Observe) ครูตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัย เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงานได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัยทดลอง โดยในขั้นนี้ต้องใช้เครื่องมือต่างๆ มาเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับขั้นวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าแนวทางปฏิบัติใดดีที่สุด

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ครูนำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาระดมสมองกับเพื่อนร่วมงานและสะท้อนตนเอง เพื่อพิจารณาว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ และควรปรับแนวทางปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนของวงจรต่อไป

**กลุ่มเป้าหมาย**

ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกนักเรียนห้องเรียนโครงการส่งเสริมความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 40 คน ซึ่งนักเรียนในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ผ่านการสอบคัดเลือกเพื่อเข้าศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนั้นจึงเป็นนักเรียนที่มีความรู้เดิมมากกว่าห้องเรียนปกติ

**บริบทของการวิจัย**

โรงเรียนที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นศูนย์สะเต็มศึกษาที่มีอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสื่อการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการจัดการเรียนรู้ เช่น โปรเจคเตอร์ และคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มนักเรียนที่โครงการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการจัดการเรียนรู้แตกต่างจากห้องเรียนปกติ กล่าวคือนักเรียนจะได้เรียนเนื้อหาทฤษฎีแยกออกจากการเรียนปฏิบัติการอย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงสามารถจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการและลงมือปฏิบัติได้

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามจุดประสงค์การวิจัย ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องงาน และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 แผน ได้แก่ เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และเครื่องกลอย่างง่าย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ผู้วิจัยเลือกใช้ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่
   2.1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
   2.2 แบบบันทึกการแก้ปัญหา เรื่องรถไฟเหาะ บันจี้จัมพ์ และรอกอย่างง่าย
   2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้
   2.4 แบบสะท้อนผลการเรียนรู้

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และแบบบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนจะนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบจุดประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 ส่วนแบบสะท้อนผลการเรียนรู้สำหรับนักเรียนและแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญและผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบจุดประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 โดยผู้วิจัยทำการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ของการวิจัยกับเครื่องมือวิจัยทั้งหมด แสดงดังตาราง 5

**ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ของการวิจัยกับเครื่องมือวิจัย**

| จุดประสงค์ของการวิจัย | เครื่องมือ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | แบบบันทึกการแก้ปัญหา | แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ | แบบสะท้อนผลการเรียนรู้ | แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ |
| ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน | | ✓ | ✓ | |
| ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน | ✓ | | | ✓ |

ทั้งนี้ การสร้างเครื่องมือ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบบันทึกการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและสะเต็มศึกษา

1.2 ศึกษาเนื้อหาบทเรียน เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2551

1.3 กำหนดเนื้อหา เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 3 เรื่อง ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน ได้แก่ เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และเครื่องกลอย่างง่าย

1.4 ศึกษาและคัดเลือกปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับเรื่องงานและพลังงาน และสอดคล้องกับเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

1.5 กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานที่เลือกไว้ในขั้น 1.4

1.6 แบ่งเนื้อหาสำหรับจัดการเรียนรู้ เรื่องงานและพลังงานออกเป็น 3 เรื่อง ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ จำนวน 1 แผน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล จำนวน 1 แผน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย จำนวน 1 แผน

แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou, et al. (2010, p.199) ทั้งหมด 6 ขั้น มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

1.7 เลือกสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงาน จากนั้นวิเคราะห์เนื้อหาเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแผน การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 3 แผนมีรายละเอียดของ การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

| วงจรที่ | สถานการณ์ | วิทยาศาสตร์ | เทคโนโลยี | วิศวกรรม | คณิตศาสตร์ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | สวนสนุกแห่งใหม่ ณ ประเทศจีน กำลังขยายกิจการและทำการตลาดแข่งขันกับคู่แข่ง จึงมีความต้องการสร้างรถไฟเหาะตีลังกาใหม่ ซึ่งทีมวิศวกรต้องเร่งมือสร้างรถไฟเหาะ เพื่อให้สามารถเปิดใช้งานได้ทันตามที่สวนสนุกประกาศไว้ เมื่อดำเนินการสร้างเสร็จเรียบร้อย ทีมวิศวกรทำการทดสอบรถไฟเหาะใหม่นี้ ปรากฏว่ารถไฟเหาะเกิดขัดข้องหยุดค้างกลางอากาศ ขณะกำลังเคลื่อนลงจากรางที่จุดสูงสุด ทำให้สวนสนุกต้องเลื่อนระยะเวลาการเปิดใช้งานเครื่องเล่นนี้ออกไปอีก | 1. พลังงานศักย์<br>2. พลังงานจลน์<br>3. กฎการอนุรักษ์พลังงานกล<br>4. การเคลื่อนที่แบบวงกลม | 1. ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาในการทำงาน<br>2. การถ่ายทอดความคิดเป็นแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน<br>3. แบบจำลองรถไฟเหาะ | กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มี<br>1. การระบุปัญหา<br>2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง<br>3. การวางแผนและพัฒนา<br>4. การทดสอบและประเมินผลต้นแบบ<br>5. การนำเสนอผลลัพธ์ | 1. การวัดมุมและรัศมีของวงตีลังกา<br>2. อัตราส่วนเพื่อเทียบความยาวของท่อโฟม |

ตาราง 6 (ต่อ)

| วงจรที่ | สถานการณ์ | วิทยาศาสตร์ | เทคโนโลยี | วิศวกรรม | คณิตศาสตร์ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | เมื่อวันที่ 8 กันยายน 2558 สำนักข่าว CNN ได้เผยแพร่ภาพคลิปวิดีโอสุดระทึกที่เผยให้เห็นเหตุการณ์ระหว่างการถ่ายทำโฆษณาโทรศัพท์มือถือยี่ห้อหนึ่งของประเทศจีนที่เดินทางมาถ่ายทำกันที่กรุงเทพมหานครบริเวณสะพานพระราม 8 โดยระหว่างการถ่ายทำทีมงานหญิงคนหนึ่งได้เข้ามาทดสอบกระโดดบันจี้จัมพ์ก่อนที่จะให้นายแบบกระโดดตอนถ่ายทำจริงเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย ซึ่งทีมงานหญิงมีน้ำหนักเท่ากับนักแสดงชายที่จะมากระโดดจริง แต่แล้วก็เกิดข้อผิดพลาดขึ้นเนื่องด้วยสปริงที่เชือกมีความยืดมากเกินไป ทำให้ร่างของเธอกระแทกเข้ากับแม่น้ำอย่างจัง | 1. พลังงานศักย์<br>2. พลังงานจลน์<br>3. กฎการอนุรักษ์พลังงานกล<br>4. การเคลื่อนที่แบบ 1 มิติในแนวดิ่ง | 1. กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมมาสร้างแบบจำลอง<br>2. การถ่ายทอดความคิดเป็นแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน<br>3. คลิปวีดิโอข่าวกระโดดบันจี้จัมพ์<br>4. แบบจำลองบันจี้จัมพ์ | กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มี<br>1. การระบุปัญหา<br>2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง<br>3. การวางแผนและพัฒนา<br>4. การทดสอบและประเมินผลต้นแบบ<br>5. การนำเสนอผลลัพธ์ | 1. ตรีโกณมิติเพื่อหาความสูงของจุดปล่อย<br>2. การบวก การลบ การคูณ การหาร จำนวนจริงเพื่อหาความสูงของจุดปล่อย และคำนวณงบประมาณ |

ตาราง 6 (ต่อ)

| วงจรที่ | สถานการณ์ | วิทยาศาสตร์ | เทคโนโลยี | วิศวกรรม | คณิตศาสตร์ |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | ในขณะกำลังทำการก่อสร้างบ้านหลังหนึ่ง ลูกจ้างคนหนึ่งต้องการยกคานขึ้นไปต่อเป็นหลังคาตามดังแสดงในคลิป โดยใช้รอกที่มีลักษณะดังภาพด้านล่าง แต่ปรากฏว่ารอกที่ใช้ยกคานไม่ช่วยผ่อนแรงจึงไม่สามารถยกคานขึ้นมาได้ เนื่องจากรอกเดี่ยวตายตัวผ่อนแรงได้น้อยกว่ารอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกเดี่ยวจะผ่อนแรงได้น้อยกว่าชุดรอก | รอกและหลักการของเครื่องกล | 1. การถ่ายทอดความคิดเป็นแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน<br>2. คลิปวิดีโอความรู้เรื่องรอกอย่างง่าย<br>3. แบบจำลองรอกอย่างง่าย | กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่<br>1. การระบุปัญหา<br>2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง<br>3. การวางแผนและพัฒนา<br>4. การทดสอบและประเมินผลต้นแบบ<br>5. การนำเสนอผลลัพธ์ | การบวก การลบ การคูณ การหาร จำนวนจริงเพื่อคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล |

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการสอน ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 1 ท่าน

1.9 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ พบว่า ผู้วิจัยควรปรับปรุงการเขียนแผนให้แสดงตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา ให้ครบทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ อีกทั้งปรับสถานการณ์ให้ดึงดูดและเหมาะสมกับวัยของนักเรียน และปรับลำดับการจัดการเรียนรู้ใหม่ เนื่องจากผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนวางแผนการที่ 1 และลองสร้างเพื่อทดสอบแบบจำลอง จากนั้น จึงวางแผนการที่ 2 เพื่อปรับแก้แบบจำลองต่อไป แต่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าหากนักเรียนพบว่าแผนการที่ 1 สมบูรณ์แล้ว การวางแผนการที่ 2 จะไม่จำเป็น ดังนั้นผู้วิจัยควรปรับลำดับกิจกรรม โดยให้นักเรียนได้วางแผนการที่ 1 และ 2 ก่อนทำการสร้างและทดสอบแบบจำลอง หลังจากนั้นผู้วิจัยนำแผนไปปรับปรุงแก้ไขตามประเด็นที่วิเคราะห์และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

กระบวนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แสดงดังภาพ 10

ขั้นที่ 1 --------- ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 2 --------- ศึกษาเนื้อหาบทเรียน เรื่องงานและพลังงาน ตามหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2551

ขั้นที่ 3 --------- กำหนดเนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน จำนวน 4 เรื่อง

ขั้นที่ 4 --------- ศึกษาและคัดเลือกปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับเรื่อง งานและพลังงาน

ขั้นที่ 5 --------- กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานที่เลือกไว้

ขั้นที่ 6 --------- สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 7 --------- ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ขั้นที่ 8 --------- วิเคราะห์ผลการตรวจสอบตามประเด็นและนำไปปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 9 --------- นำไปใช้ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมาย

**ภาพ 10 แสดงขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวสะเต็มศึกษา**

2. แบบบันทึกการแก้ปัญหา เป็นแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาและบันทึกผลการทดสอบแบบจำลองของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวการดำเนินงานแบบสะเต็มศึกษา เพื่อนำมาประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย โดยนักเรียนจะได้เขียนตอบแบบอิสระในระหว่างจัด การเรียนรู้ ขั้นตอนการสร้างแบบบันทึกการแก้ปัญหามีดังนี้

2.1 ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบบันทึกการแก้ปัญหาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

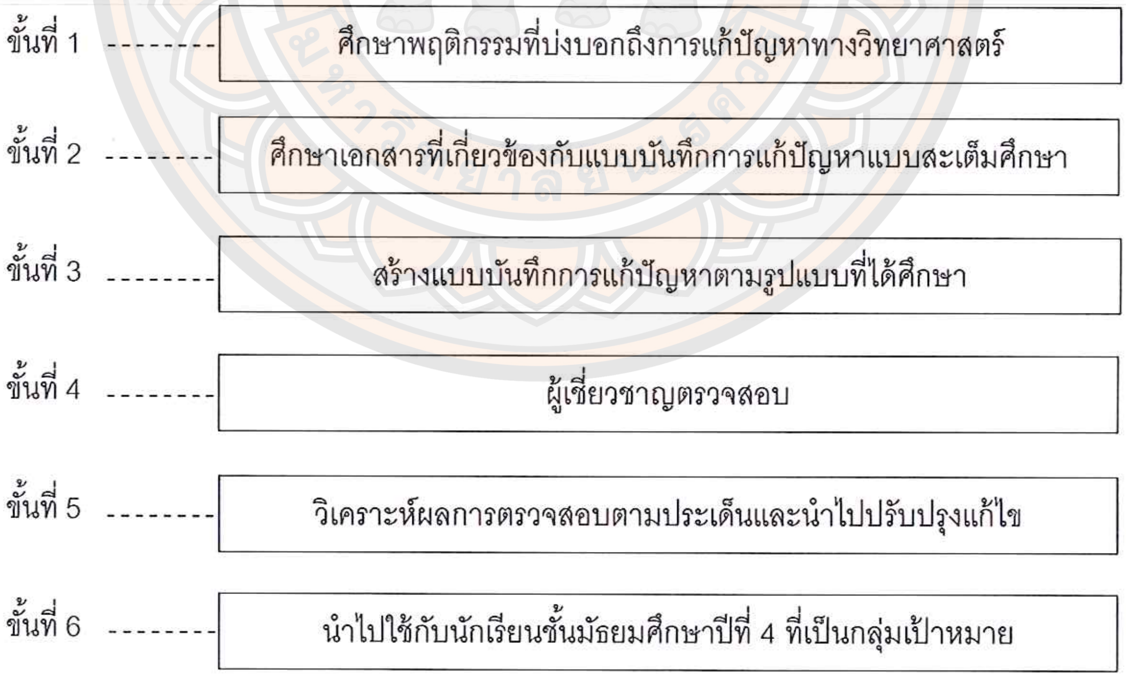
2.3 สร้างแบบบันทึกการแก้ปัญหาตามที่ศึกษาไว้

2.4 นำแบบบันทึกการแก้ปัญหาไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของระดับขั้นการบันทึกข้อมูล และความเหมาะสมของภาษา ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 1 ท่าน

2.5 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์พบว่า ผู้วิจัยควรเพิ่มพื้นที่ให้นักเรียนได้บันทึกความรู้ที่ได้จากการทบทวน จากนั้นนำแบบบันทึกการแก้ปัญหาไปปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์

2.6 นำแบบบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

กระบวนการสร้างแบบบันทึกการแก้ปัญหา แสดงดังภาพ 11




**ภาพ 11 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบบันทึกการแก้ปัญหา**

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสังเกตที่ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวงจร เพื่อนำผลการสังเกตมาอธิบายถึงวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผู้ให้ข้อมูลหรือผู้สังเกต คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 2 ท่าน และตัวผู้วิจัยเอง โดยบันทึกผลการสังเกตแบบเขียนอิสระ ขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎี หลักการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้

3.2 กำหนดประเด็นของแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สถานการณ์ปัญหาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร และครูทำการประเมินความสามารถการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ตรงตามความต้องการหรือไม่ อย่างไร

3.3 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด

3.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ส่งต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและพิจารณาลงความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาษา และความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 1 ท่าน

3.5 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ตามประเด็นความเหมาะสมของข้อคำถาม และความเหมาะสมของรูปแบบและลำดับในการสะท้อนเพื่อความสะดวกของผู้สังเกต ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าผู้วิจัยควรแยกประเด็นการสังเกตออกเป็นข้อตามขั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อความสะดวกในการสังเกตการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ไปปรับปรุงแก้ไขตามและจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์

3.6 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

กระบวนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้แสดงดังภาพ 12

ขั้นที่ 1 -------- ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 -------- กำหนดประเด็น

ขั้นที่ 3 -------- สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 -------- ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ขั้นที่ 5 -------- วิเคราะห์ผลการตรวจสอบตามประเด็นและนำไปปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 -------- นำไปใช้เก็บข้อมูล

**ภาพ 12 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้**

4. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนบันทึกแบบเขียนอิสระ เพื่อให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้และความต้องการเพิ่มเติมของนักเรียน โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังต่อไปนี้

4.1 ศึกษาทฤษฎี หลักการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถาม

4.2 กำหนดระยะเวลาในบันทึกแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ คือ หลังจากจบแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน พร้อมทั้งกำหนดประเด็นของข้อคำถาม ดังต่อไปนี้

4.2.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรมและรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้

4.2.2 พฤติกรรมของครูผู้สอน เช่น การดำเนินการสอนหรือการจัดกิจกรรมและการสรุปความรู้

4.3 สร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

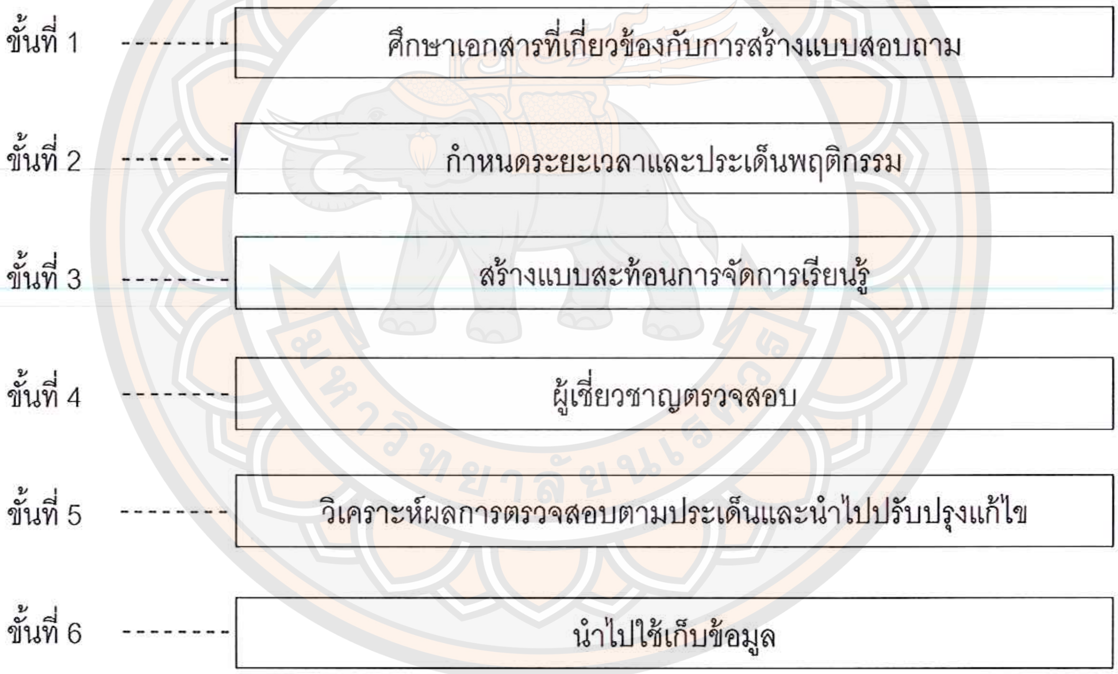
4.4 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจพิจารณาและให้ข้อคิดเห็นประเด็นด้านความเหมาะสมของข้อคำถาม และความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 1 ท่าน

4.5 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ตามประเด็นความเหมาะสมของข้อคำถามและความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน พบว่าผู้วิจัยไม่ควรใช้คำถามหรือคำศัพท์วิชาการมากเกินไป เพราะนักเรียนอาจเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จากนั้น ปรับปรุงแก้ไขแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้และจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์

4.6 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

กระบวนการสร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แสดงดังภาพ 13




**ภาพ 13 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้**

5. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบ ประกอบด้วย สถานการณ์ 5 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 5 ข้อ เพื่อให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 พฤติกรรม ได้แก่ กำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม และนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

5.1 ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

5.2 ศึกษาความหมายและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากทฤษฎีและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

5.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน

5.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของสถานการณ์ ความเหมาะสมของข้อคำถาม และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 1 ท่าน

5.5 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ พบว่า ผู้วิจัยต้องเพิ่มรูปภาพประกอบสถานการณ์พร้อมใส่คำอธิบายประกอบรูปภาพ นอกจากนี้ ต้องปรับแก้สถานการณ์ให้น่าสนใจและเข้าใจง่าย จากนั้นนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไปปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์

5.6 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

กระบวนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แสดงดังภาพ 14

ขั้นที่ 1 -------- ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 -------- ศึกษาค้นคว้าจากทฤษฎีและเอกสารต่างที่เกี่ยวข้องแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 -------- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและผลการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 -------- สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน

ขั้นที่ 5 -------- ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

ขั้นที่ 6 -------- วิเคราะห์คำแนะนำตามประเด็นและนำไปปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 7 -------- นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

**ภาพ 14 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามระเบียบวิธีวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างจัดการเรียนรู้ และหลังจัดการเรียนรู้ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 วงจร ดังนี้

ก่อนเข้าสู่วงจรที่ 1 ผู้วิจัยพบปัญหาในชั้นเรียนว่า นักเรียนขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบการทดลองตามอุปกรณ์ที่กำหนด ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองแรกมุ่งให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อหาข้อสรุปของความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลางกับคาบการเหวี่ยง และการทดลองที่สองมุ่งให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อหาข้อสรุปของความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีกับคาบการเหวี่ยง นักเรียนจะต้องบันทึกผลการออกแบบการทดลองลงในแบบบันทึกผลการทดลอง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน พร้อมบันทึกลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา เมื่อวิเคราะห์แบบบันทึกผลการทดลองและแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนทั้งหมดสามารถอธิบายปัญหา

จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ แต่ร้อยละ 62.5 ของนักเรียนทั้งหมดตั้งสมมติฐานไม่ได้ ต้องได้รับคำแนะนำจากผู้วิจัยจึงจะสามารถตั้งสมมติฐานได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 75 ไม่สามารถเสนอวิธีการทดลองหรือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้ จึงไม่สามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดได้เช่นกัน ผู้วิจัยจึงเริ่มศึกษาว่ามีวิธีการจัดการเรียนรู้ใดบ้างที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ซึ่งผู้วิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหา เป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีแนวโน้มที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

**วงจรที่ 1**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่

**ขั้นที่ 1 วางแผน**

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และเครื่องกลอย่างง่าย ตามขั้นตอนการสร้างแผน การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่กล่าวไว้ข้างต้น อีกทั้งสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมทั้ง 5 เครื่องมือ ได้แก่ 1) แบบบันทึกการแก้ปัญหา 2) แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ 3) แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ และ 4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่กล่าวไว้ข้างต้น และจัดเตรียมกล้องวิดีโอสำหรับบันทึกเทปการจัดการเรียนรู้ โดยก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยทำการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อให้ทราบแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

**ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ**

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ ตามที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยระหว่างที่ดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการบันทึกเทปการจัดการเรียนรู้ของตนเองเพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่สามารถมาสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนได้

**ขั้นที่ 3 สังเกต**

ในระหว่างจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้แบบบันทึกการแก้ปัญหาในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญจะเข้าร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและทำการสะท้อนผลลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ส่วนผู้วิจัยจะสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตนเองลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยเช่นกัน ในขณะที่นักเรียนทุกคนจะสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

**ขั้นที่ 4 สะท้อนผล**

ผู้วิจัยวิเคราะห์และประเมินสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติทั้งหมดทั้งจุดเด่น สิ่งที่ปฏิบัติแล้วได้ผล สิ่งที่ปฏิบัติแล้วไม่ได้ผล จากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้สำและแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและนำไปใช้ใน การวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 และนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ส่วนแบบบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสะท้อนถึงการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 1 นี้ และตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

**วงจรที่ 2**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล

**ขั้นที่ 1 วางแผน**

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล ตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 และจัดเตรียมเครื่องมือในการเก็บรวบรวมทั้ง 3 เครื่องมือเช่นเดียวกับขั้นวางแผนของวงจรที่ 1

**ขั้นที่ 2 ปฏิบัติและขั้นที่ 3 สังเกต**

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นปฏิบัติและสังเกตในวงจรที่ 1

**ขั้นที่ 4 สะท้อนผล**

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผลของวงจรที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3

**วงจรที่ 3**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย

**ขั้นที่ 1 วางแผน**

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย ตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 2 และจัดเตรียมเครื่องมือในการเก็บรวบรวมทั้ง 3 เครื่องมือเช่นเดียวกับขั้นวางแผนของวงจรที่ 1

**ขั้นที่ 2 ปฏิบัติและขั้นที่ 3 สังเกต**

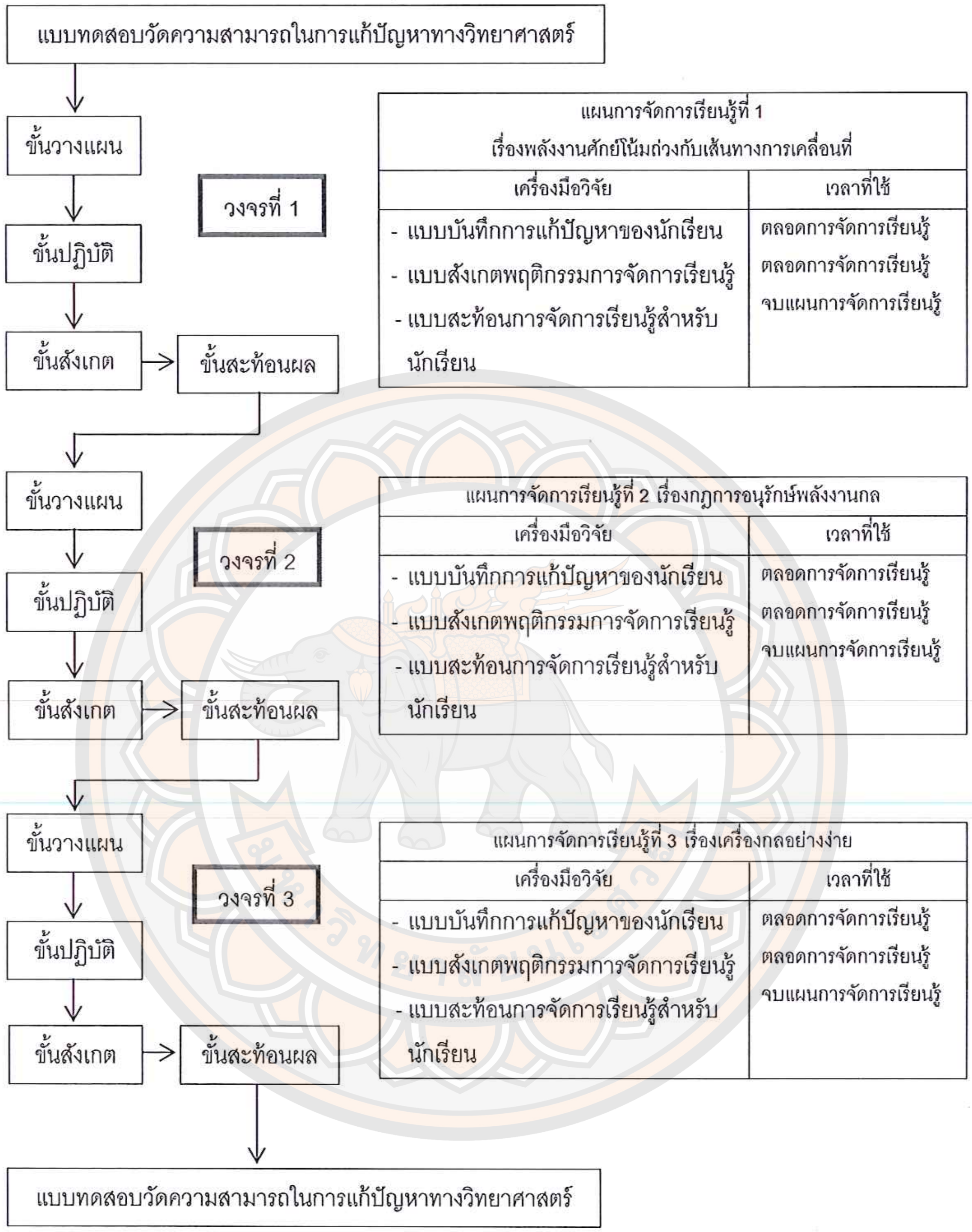
ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย และเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นปฏิบัติและสังเกตในวงจรที่ 1

**ขั้นที่ 4 สะท้อนผล**

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผลของวงจรที่ 1 และนำทำการสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมไปต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

หลังเก็บข้อมูลในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ฉบับเดียวกับก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ถึงการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงานของนักเรียน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นวงจรการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดังภาพ 15




**ภาพ 15 แสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล**

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ตามจุดประสงค์การวิจัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 2 เครื่องมือใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1.1 เริ่มอ่านเนื้อหาจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

1.2 จัดกลุ่มข้อความจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้ง 6 ขั้นตอน และวิเคราะห์แยกข้อความในแต่ละขั้นออกเป็นข้อดีและข้อควรปรับปรุง จากนั้นจับประเด็นสำคัญของประโยค พร้อมใส่รหัสข้อมูลโดยใช้วลีสั้นๆ เช่น การควบคุมชั้นเรียน สื่อและอุปกรณ์ และลักษณะกิจกรรม เป็นต้น เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของข้อความนั้นๆ

1.3 จัดกลุ่มข้อมูลที่มีรหัสเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยใส่แหล่งที่มาของข้อมูลว่ามาจากเครื่องมือใด พร้อมกับลงวัน เวลา และสถานที่ประกอบข้อมูลนั้นๆ

1.4 ทำการลงข้อสรุปเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร และเมื่อวงจรปฏิบัติการทั้งหมดสิ้นสุดลงโดยเขียนเป็นความเรียง

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการแก้ปัญหาและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและร้อยละ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 เริ่มอ่านข้อความจากแบบบันทึกการแก้ปัญหาและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.2 จัดกลุ่มข้อความจากแบบบันทึกการแก้ปัญหาและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามพฤติกรรมย่อยของความสามารถใน การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 พฤติกรรม ได้แก่ การกำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหา ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม และ

นำวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมมาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา จากนั้นวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนว่าจัดอยู่ในระดับใดตามเกณฑ์ที่กำหนด และใส่รหัสข้อมูล โดยใช้วลีสั้นๆ เช่น ขาดการอธิบายโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน ขาดการอธิบายความสำคัญของปัญหา และเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ไม่ครบถ้วน

2.3 จัดกลุ่มข้อมูลที่มีรหัสเดียวกันเข้าด้วยกัน เพื่อนำข้อมูลมาสนับสนุนการลงข้อสรุปร่วมกับค่าเฉลี่ยและร้อยละ พร้อมทั้งเขียนเป็นความเรียง

**ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ**

ผู้วิจัยยืนยันความน่าเชื่อถือ (Credibility) ของงานวิจัย โดยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) ทั้ง 2 ด้าน คือ การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย (Method Triangulation) และการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Source Triangulation) รวมทั้ง ใช้การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) ตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย จะเห็นว่า ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ จำนวน 2 เครื่องมือ ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนผลการเรียนรู้ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 และดูผลสรุปว่าจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือจำนวน 2 เครื่องมือ ได้แก่ แบบบันทึกการแก้ปัญหาและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 และดูผลสรุปว่าจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล จะเห็นว่าผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้กับผู้ให้ข้อมูล 4 แหล่ง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 2 ท่าน ผู้วิจัย และนักเรียน เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 และดูผลสรุปว่าจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

3. การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำข้อมูลพร้อมผลการวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบว่ากระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน และเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ดังนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และเสนอผลการวิเคราะห์โดยจำแนกออกเป็น 2 ตอนตามจุดประสงค์การวิจัย ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน

**ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน**

ผู้วิจัยศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ วงจรที่ 2 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และวงจรที่ 3 เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

**1. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่**

**1.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยทำการศึกษาขอบเขตเนื้อหาเรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และอ่านรายละเอียดของเนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน อีกทั้งผู้วิจัยค้นคว้าสถานการณ์ในชีวิตจริงและเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงานใน 3 หัวข้อ ได้แก่ พลังงาน

ศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และเครื่องกลอย่างง่าย หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขอบเขตเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผู้วิจัยเลือก พร้อมเชื่อมโยงกะบวนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเข้ากับสถานการณ์ เมื่อผู้วิจัยศึกษาเนื้อหาและสถานการณ์เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและทบทวนเนื้อหาความรู้ เรื่อง งานและพลังงาน จากนั้นออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ กฎการอนุรักษ์กล และเครื่องกลอย่างง่าย ตามที่ได้ศึกษา พร้อมส่งแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของสถานการณ์ ความเหมาะสมของข้อคำถาม และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ มีจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน ครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 1 ท่าน หลังจากนั้น ผู้วิจัยนำเครื่องมือมาปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้และสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ตามที่ได้ศึกษา หลังจากนั้น ผู้วิจัยส่งเครื่องมือทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือและปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยกำหนดเวลาการเก็บข้อมูลในวันที่ 28-29 ธันวาคม พ.ศ. 2558 รวมทั้งหมด 4 ชั่วโมง โดยก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ชุด แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 40 ชุด และแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องรถไฟเหาะ จำนวน 8 ชุด พร้อมทั้งจัดเตรียมกล้องวิดีโอสำหรับบันทึกเทปการจัดการเรียนรู้ อีกทั้งจัดเตรียมสื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ ได้แก่ Power Point เรื่องรถไฟเหาะ ท่อโฟม ลูกแก้ว เทปกาว ตะเกียบ และก้านลูกโป่ง นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองจัดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองรถไฟเหาะด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและปรับปรุงแก้ไขได้ทันก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้

1.2 **การดำเนินการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ วันที่ 28-29 ธันวาคม พ.ศ. 2558 ตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา** เป็นขั้นที่ผู้วิจัยจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ในขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้นักเรียนเข้าใจก่อน จากนั้นนักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหา เรื่อง รถไฟเหาะ แต่เนื่องจากนักเรียนคุยกันขณะให้เวลาอ่าน ผู้วิจัยจึงอ่านสถานการณ์ให้นักเรียนฟังซ้ำอีกรอบหนึ่ง จากนั้นผู้วิจัยตั้งคำถามว่า "จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้คืออะไร" และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มกำหนดปัญหาเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานักเรียนจะได้เขียนคำตอบของกลุ่มตนเองลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 1.1 และออกมานำเสนอปัญหาของกลุ่มตนเองให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟังหน้าชั้นเรียน โดยออกมานำเสนอทีละกลุ่ม หลังจากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยว่า ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเองมากกว่าเพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้วิจัยกำหนดเวลาให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหา แต่นักเรียนส่วนมากคุยกันขณะให้เวลาอ่าน ผู้วิจัยจึงอ่านสถานการณ์ให้นักเรียนฟังซ้ำอีกรอบหนึ่ง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเอง

> ...ทำไมถึงอ่านสถานการณ์ให้นักเรียนฟัง นักเรียนจะไม่ได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

จากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลว่า ผู้วิจัยควรยกตัวอย่างการกำหนดปัญหาให้นักเรียนเข้าใจก่อน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบใหม่ที่นักเรียนยังไม่คุ้นเคย

...ควรยกตัวอย่างการตั้งปัญหาก่อน

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังพบปัญหาในระหว่างทำกิจกรรมการนำเสนอปัญหา เนื่องจากในขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลการอธิบายปัญหามาเสนอหน้าชั้นเรียน โดยนักเรียนทุกกลุ่มจะอ่านปัญหาของกลุ่มตนเองให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟัง แต่ผู้เชี่ยวชาญและผู้วิจัยเห็นว่าควรแสดงปัญหาของนักเรียนทุกกลุ่มผ่านจอโปรเจคเตอร์ให้นักเรียนทั้งห้องดูพร้อมกัน เพราะการให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอ่านปัญหาหน้าชั้นเรียนเพียงอย่างเดียวอาจไม่ชัดเจน เนื่องจากนักเรียนบางคนพูดเสียงเบาและมีนักเรียนบางกลุ่มที่คุยในห้องเรียน ดังนั้น ผู้วิจัยควรแสดงปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มผ่านจอภาพให้นักเรียนทั้งห้องเห็นได้อย่างชัดเจนและควรควบคุมชั้นเรียนให้ดีก่อนให้นักเรียนนำเสนอปัญหาเพื่อลดปัจจัยภายนอกที่จะส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

...ระหว่างนักเรียนรายงานปัญหา ครูควรเขียนปัญหาและแสดงให้เพื่อนๆ ดูไปด้วย หรืออาจให้นักเรียนเขียนใส่ A4 ส่งมาให้ครู

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

...ขณะเสนอปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ครูไม่แสดงคำตอบของนักเรียน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

...ขณะเพื่อนรายงาน ครูต้องให้นักเรียนเงียบก่อน

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

อีกทั้งพบปัญหาเกี่ยวกับการสื่อสารขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ในขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยบอกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยปากเปล่า ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางคนไม่ได้ตั้งใจฟัง และมีนักเรียนบางคนที่เรียนรู้ช้ากว่าเพื่อนนักเรียนคนอื่น ผู้เชี่ยวชาญจึงสะท้อนผลว่าผู้วิจัยควรแสดงคำสั่งบนหน้าจออย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนทุกคนทราบถึงหน้าที่ของตนเอง เพราะการออกคำสั่งหน้าชั้นเรียนอาจไม่ได้ผลที่ดีพอ เนื่องจากจำนวนนักเรียนมีมาก การแสดงคำสั่งอย่างชัดเจนจะช่วยให้นักเรียนทุกคนเรียนรู้ไปพร้อมกัน

...ควรขึ้นคำสั่งบนโพรเจคเตอร์ว่าให้นักเรียนทำอะไรในระหว่างทำกิจกรรม
(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

แต่สถานการณ์ที่ผู้วิจัยเตรียมมาเป็นจุดแข็งของการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ เนื่องจากสถานการณ์ที่นำมาใช้สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนตั้งใจมากกว่าการจัดการเรียนรู้ปกติ และเมื่อนักเรียนตั้งใจจะส่งผลให้นักเรียนสามารถกำหนดปัญหาได้ ถึงแม้การกำหนดปัญหาอาจจะยังไม่ครบถ้วนและถูกต้องทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบจุดแข็งเกี่ยวกับความพยายามของผู้วิจัย เนื่องจากผู้วิจัยพยายามกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา โดยบอกถึงขีดจำกัดว่า "หากการที่รถไฟเหาะค้างที่จุดสูงสุดของการตีลังกานั้น ไม่ได้เป็นเพราะระบบไฟฟ้าหรือเครื่องกล นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร"

...สถานการณ์ช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ทำให้เด็กนักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ แต่อาจยังไม่สามารถระบุผลที่ตามมาได้
(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

...สถานการณ์ดึงดูดนักเรียนได้ดี ทำให้นักเรียนสนใจมากขึ้นกว่าปกติ
(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

...ครูได้พยายามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น บอกถึงข้อจำกัด คือ ไม่ได้เกิดจากระบบไฟฟ้าหรือเครื่องกล
(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

**ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจ้งปัญหา** เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยเริ่มตั้งคำถามกับนักเรียนว่า "จากปัญหาดังกล่าว นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์นี้คืออะไร" และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายสาเหตุของปัญหาเป็นเวลา 10 นาที จากนั้น ให้นักเรียนออกมานำเสนอสาเหตุของปัญหาของกลุ่มตนเองที่หน้าชั้นเรียน โดยนักเรียนจะนำเสนอทีละกลุ่ม เมื่อนำเสนอครบทุกกลุ่มแล้วนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อหาสาเหตุของปัญหา และนักเรียนจะเดินวนฐานเพื่อศึกษาความรู้ก่อนวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งมีทั้งหมด 4 ฐาน ได้แก่ ฐานตัวเบากว่าอากาศ ฐานวิ่งอยู่บนราง ฐานวิ่งขึ้นแล้วก็ต้องวิ่งลง และฐานความสนุกในวงลูบ ซึ่งในฐานวิ่งขึ้นแล้วก็ต้องวิ่งลง ผู้วิจัยใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะจากเว็บไซต์ของฟิสิกส์ราชมงคล (http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/howstuff2 / roller-coaster/roller-coaster 1.htm) หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันเสนอแนวทางการแก้ปัญหาผ่านการเขียนอธิบายและวาดภาพจากผลการสะท้อนพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับสื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับสื่อและอุปกรณ์ เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้แสดงคลิปวิดีโอรถไฟเหาะประกอบการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญจึงแนะนำว่าผู้วิจัยควรเพิ่มคลิปวิดีโอการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะเพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน อีกทั้งคลิปวิดีโอจะทำให้นักเรียนเห็นภาพการเคลื่อนไหวของรถไฟเหาะได้อย่างชัดเจน เพราะการจะแก้ปัญหารถไฟเหาะตีลังกา นักเรียนควรทราบถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะตีลังกาว่าเป็นอย่างไร ดังนั้นคลิปวิดีโอจะทำให้นักเรียนเห็นภาพการเคลื่อนไหวของรถไฟเหาะได้อย่างชัดเจนกว่าสื่อในกระดาษ

> ...ควรมีคลิปรถไฟเหาะให้เด็กๆ ดูประกอบ เพราะสื่อในกระดาษอย่างเดียวอาจไม่น่าสนใจและนักเรียนจะเข้าใจการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะด้วย
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

อีกทั้งยังพบว่า ควรเพิ่มแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาให้เพียงพอสำหรับนักเรียน แต่ละคน เนื่องจากนักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหากลุ่มละ 1 ใบ ดังนั้น สมาชิกในกลุ่มจะต้องร่วมมือกันแก้ปัญหา แต่มีนักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนในกลุ่ม

ทำงานเท่าที่ควร ทำให้เกิดเสียงดังในห้องเรียน ดังนั้นผู้วิจัยควรให้นักเรียนทุกคนได้เขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้ทุกคนเกิดการเรียนรู้และลดปัญหาการพูดคุยในชั้นเรียน

> ...ให้เด็กมีกิจกรรมทำทุกคน เพิ่มใบกิจกรรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

ปัญหาอีกอย่างหนึ่ง คือ พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย เนื่องจากในขณะจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนเสนอแนวทางการแก้ปัญหาผ่านการอธิบายและวาดภาพประกอบ จากนั้นนักเรียนจะนำแนวทางการแก้ปัญหาที่เสนอไปร่างภาพเพื่อวางแผนสร้างแบบจำลอง แต่มีนักเรียนบางกลุ่มสอบถามว่าการวาดภาพเพื่อเสนอแนวทางการแก้ปัญหากับการร่างภาพเพื่อวางแผนสร้างแบบจำลองมีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยเองก็ไม่ชัดเจนว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจะกลับไปทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ เพื่อแก้ปัญหาความสับสนของการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา

> ...เกิดความสับสนระหว่างการเขียนอธิบายและวาดภาพเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา ครูควรศึกษาและระบุคำชี้แจงให้ชัดเจน
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

แต่อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้มีข้อดี คือ กิจกรรมระบุสาเหตุ เนื่องจากกิจกรรมนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ช่วยกันระดมความคิดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา อีกทั้งนักเรียนต้องออกมานำเสนอให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟังและให้คำแนะนำ ฉะนั้นนักเรียนจะมีโอกาสได้ระดมความคิดและอภิปรายคำตอบทั้งภายในกลุ่มและในชั้นเรียน ซึ่งช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนจะได้ระบุสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างหลากหลาย

> ...กิจกรรมช่วยส่งเสริมได้ดี ซึ่งเด็กนักเรียนจะได้ระบุสาเหตุของปัญหาได้หลายสาเหตุ
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

นอกจากนี้ กิจกรรมการเดินวนฐานเพื่อศึกษาความรู้เป็นอีกหนึ่งข้อดีของการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ กล่าวคือระหว่างเดินวนฐานเพื่อศึกษาความรู้ นักเรียนพูดคุยกันน้อยลง ผู้วิจัยสามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างราบรื่นมากขึ้น อาจเป็นเพราะกิจกรรมการเดินวนฐานเพื่อศึกษาความรู้เป็นกิจกรรมใหม่ที่นักเรียนยังไม่มีโอกาสได้เรียนในรายวิชาฟิสิกส์ นักเรียนจึงให้ความสนใจ ทำให้กิจกรรมมีความราบรื่น

...ระหว่างเดินวนฐานราบรื่นขึ้นกว่าเดิม เพราะนักเรียนเริ่มรูหน้าที่ของตนเอง

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 28 ธันวาคม 2558)

**ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน** เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึง วางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ในขณะจัดการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวางแผนการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาจากแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ในขั้นก่อนหน้า โดยนักเรียนต้องระบุหน้าที่การทำงานของทุกคนในกลุ่มและวาดภาพรางรถไฟเหาะที่สามารถแก้ปัญหาของสถานการณ์ได้ลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้สะท้อนให้เห็นว่า ข้อมูลในส่วนของการแบ่งหน้าที่การทำงานไม่ได้นำมาใช้ประกอบการพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จึงควรตัดส่วนนี้ออกจากแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อช่วยลดภาระงานของนักเรียนลง

...ไม่ควรใส่ข้อมูลในส่วนของการระบุหน้าที่การทำงาน เพราะไม่ได้นำมาใช้

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

อีกทั้งพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับสื่อและอุปกรณ์ กล่าวคือ ผู้วิจัยควรเพิ่มแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาให้เพียงพอสำหรับนักเรียนทุกคน เพื่อให้นักเรียนทุกคนสนใจในกิจกรรมและช่วยกันระดมความคิดมากขึ้น อีกทั้งขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาถือเป็นส่วนที่สำคัญที่จะได้นำความรู้เรื่องงานและพลังงานมาใช้มากที่สุด ดังนั้นหากนักเรียนทุกคนมีแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา จะส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการนำความรู้เรื่องงานและพลังงานมาใช้ประกอบการแก้ปัญหามากขึ้น

...ไม่ส่งเสริมความสามารถมากพอ เพราะบางคนไม่ช่วยเพื่อนทำ ควรเพิ่มใบงาน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

แต่ในขั้นการจัดการเรียนรู้นี้ก็มีข้อดีที่น่าสนใจ นั่นคือ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี เพราะนักเรียนจะได้วางแผนก่อนที่จะดำเนินการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งการวางแผนนั้นจำต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นหากนักเรียนทุกคนช่วยกันคิดวางแผนและแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้เรื่องงานและพลังงานแล้ว จะช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

...หากนักเรียนสามารถทำได้จริง กิจกรรมช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างมาก เนื่องจากการจะประดิษฐ์หรือสร้างแบบจำลองได้นั้นต้องมีการวางแผนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการประดิษฐ์แบบจำลองออกมาได้อย่างง่ายและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งไม่เสียเวลาในการลองผิดลองถูกมากเกินไป

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 6 ธันวาคม 2558)

**ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง** เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ในขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะเริ่มวางแผนการสำรองที่แตกต่างไปจากแผนการหลักในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้า และหากกลุ่มใดวางแผนการทั้งหมดเสร็จก่อนสามารถมารับอุปกรณ์และสร้างแบบจำลองรถไฟเหาะได้ก่อน เพื่อไม่ให้เสียเวลา ซึ่งมีนักเรียนบางกลุ่มที่สามารถวางแผนหลักและแผนสำรองได้อย่างรวดเร็ว

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้สะท้อนให้เห็นถึงพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับการลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลว่าผู้วิจัยควรให้นักเรียนทั้งหมดวางแผนการสร้างแบบจำลองให้เสร็จก่อนจะเริ่มสร้างแบบจำลอง เนื่องจากในขณะจัดการเรียนรู้นักเรียนบางกลุ่มสามารถวางแผนการสร้างแบบจำลองได้อย่างรวดเร็ว จึงมารับอุปกรณ์และสร้างรถไฟเหาะก่อน ในขณะที่นักเรียนบางกลุ่มยังวางแผนการสร้างแบบจำลองไม่เรียบร้อย ทำให้เกิด

ความวุ่นวายในขณะจัดการเรียนรู้ เพราะนักเรียนบางคนตื่นเต้นและให้ความสนใจกับอุปกรณ์ของเพื่อนกลุ่มอื่นมากกว่าที่จะช่วยเพื่อนกลุ่มตนเองวางแผนการสร้างแบบจำลองให้เสร็จเรียบร้อย ดังนั้นนักเรียนทุกกลุ่มควรวางแผนการสร้างแบบจำลองให้เสร็จก่อน แล้วจึงเริ่มสร้างแบบจำลองพร้อมกัน

...เกิดความวุ่นวาย เพราะนักเรียนให้ความสนใจกับอุปกรณ์มากจนเกินไป

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

ข้อบกพร่องอีกอย่างหนึ่ง คือ พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้สะท้อนผลว่า ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวางแผนการสำรองมากกว่านี้ เพราะการมีแผนสำรองก่อนนั้นจะช่วยให้ง่ายต่อการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ แต่ขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้นักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนระดมความคิดเท่าที่ควร ซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกความสามารถในการวางแผน ดังนั้นผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนการสำรองก่อนดำเนินการสร้างแบบจำลอง

...นักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนคิดและทำใบกิจกรรม ซึ่งอาจทำให้ไม่เกิดกระบวนการนี้

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

แต่อย่างไรก็ตาม กิจกรรมการวางแผนการสำรองถือเป็นจุดแข็งของการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ เนื่องจากแผนสำรองมีไว้เพื่อปรับปรุงหรือแก้ไขแผนเดิมให้ดีขึ้น จะทำให้เด็กมองเห็นปัญหาเพื่อปรับปรุงในสิ่งที่บกพร่อง

...ครูแนะนำการวางแผนสำรองไว้เพื่อปรับปรุงหรือแก้ไขแผนเดิมให้ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้เด็กมองเห็นปัญหาเพื่อปรับปรุงในสิ่งที่บกพร่อง

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 6 ธันวาคม 2558)

**ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง** เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ในขั้นตอนนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะทดลองสร้างแบบจำลองตามที่วางแผนไว้ทั้งสองแบบ และทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละแบบขณะทำการสร้างแบบจำลอง จากนั้นนักเรียนจะทำการเลือกแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมที่สุดหรืออาจปรับแก้แบบจำลองจากแผนการทั้งสอง เมื่อนักเรียนเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมได้แล้ว หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะช่วยกันสร้างแบบจำลองสมบูรณ์ของกลุ่มตนเอง พร้อมทำการวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อหารัศมีของวงลูปตีลังกาแต่ละวง

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นถึงข้อบกพร่องเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้เน้นให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของแผนการหลักและแผนการสำรองก่อน ดังนั้นการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนจึงเป็นการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกมากกว่าที่จะใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

> ...เด็กส่วนใหญ่ใช้การลองผิดลองถูกมากกว่าการวางแผนเพื่อออกแบบแบบจำลอง
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 6 ธันวาคม 2558)

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า ผู้วิจัยควรเพิ่มรายละเอียดของแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยให้นักเรียนร่างภาพแบบจำลองรถไฟเหาะที่มีสเกลและมุมของวงลูปด้วย เพราะนักเรียนสามารถนำภาพร่างไปใช้ประกอบการอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้ และเพื่อให้ง่ายต่อการประเมินผลการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

> ...ควรให้นักเรียนวาดภาพโดยลงรายละเอียดสเกลของแบบจำลองสำเร็จรูปด้วย
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

นอกจากนี้ นักเรียนหลายคนสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลต่อการสร้างแบบจำลอง ทำให้เสียเวลาในการสร้างค่อนข้างมาก ฉะนั้นผู้วิจัยควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานของอุปกรณ์ด้วย

...อุปกรณ์บางอย่างไม่แข็งแรง ทำให้ปฏิบัติการได้ยาก ควรมีอุปกรณ์ที่มีคุณภาพมากกว่านี้

(นักเรียนคนที่ 3, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

แต่จุดแข็งของการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้คือ กิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่มีทั้งความสนุกสนานและสามารถส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานได้ เพราะนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติจริง และหากนักเรียนได้วางแผนการแก้ปัญหาด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ล่วงหน้า นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาผ่านความรู้เรื่องงานและพลังงานที่ได้ตามที่วางแผนไว้

...กิจกรรมสนุก ทำให้นักเรียนสนุกสนานและดึงดูดความสนใจได้

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

...กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนแก้ไขปัญหาในกลุ่มได้ดีมาก

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 29 ธันวาคม 2558)

**ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน** เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์

ในขณะจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการประเมินแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยเดินไปประเมินแบบจำลองของนักเรียนทีละกลุ่ม พร้อมทั้งให้นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการประเมินได้อธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้ด้วย ซึ่งขณะทำการประเมินนักเรียนกลุ่มอื่นจะได้เข้าร่วมสังเกตการประเมินไปพร้อมกับผู้วิจัยด้วย

ผลการสะท้อนจากอาจารย์นิเทศและผู้วิจัยแสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยควรให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่นได้แสดงความคิดเห็น และผู้วิจัยจะสามารถทำ การประเมินแบบจำลองได้ง่ายขึ้น

...ขาดขั้นตอนการนำเสนอผลงานของนักเรียนหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เพื่อนๆ ได้แสดงความคิดเห็น และครูจะได้ประเมินได้ง่ายขึ้น

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 6 ธันวาคม 2558)

แต่นักเรียนหลายคนสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่าเวลาการจัดการเรียนรู้เหมาะสมแล้ว มีการกำหนดเวลาการทำกิจกรรมแต่ละขั้นอย่างชัดเจน และไม่เกินเวลาชั่วโมงเรียนของนักเรียน

...เหมาะสม เพราะมีการจัดการระยะเวลาในหัวข้อต่างๆ ได้ดี และกำหนดระยะเวลาระหว่างการทำกิจกรรม เช่น การประกอบราง การออกแบบได้พอดี

(นักเรียนคนที่ 1, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน, 29 ธันวาคม 2558)

1.3 **สรุปผลการสะท้อน**

จากผลการสะท้อนของผู้เชี่ยวชาญและตัวผู้วิจัยเอง ทำให้ทราบข้อบกพร่องและข้อดีของการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ ดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. สถานการณ์ที่นำมาใช้สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนตั้งใจมากกว่าการจัดการเรียนรู้ปกติ

2. ผู้วิจัยเองได้พยายามกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา โดยบอกถึงขีดจำกัดของสถานการณ์

3. กิจกรรมระบุสาเหตุส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

4. กิจกรรมการเดินวนฐานทำให้นักเรียนพูดคุยกันน้อยลง มีความราบรื่นในการจัดการเรียนรู้มากขึ้น

5. กิจกรรมการวางแผนสร้างแบบจำลองส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี เพราะนักเรียนจะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

6. กิจกรรมการวางแผนสำรองทำให้เด็กมองเห็นปัญหาเพื่อปรับปรุงในสิ่งที่บกพร่อง

7. กิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีความสนุกสนานและสนับสนุนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานได้

8. เวลาการจัดการเรียนรู้เหมาะสมแล้ว มีการกำหนดเวลาการทำกิจกรรมแต่ละขั้นอย่างชัดเจน

ข้อบกพร่อง

1. ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเองมากกว่า เพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยควรยกตัวอย่างการกำหนดปัญหาให้นักเรียนเข้าใจก่อน

3. ผู้วิจัยควรแสดงปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้นักเรียนทั้งห้องดูพร้อมกัน

4. ผู้วิจัยควรแสดงคำสั่งบนหน้าจออย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนทุกคนทราบถึงหน้าที่ของตนเอง

5. ผู้วิจัยควรเพิ่มคลิปวิดีโอการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะเพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน และทำให้นักเรียนทราบถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะตีลังกา

6. ผู้วิจัยควรให้นักเรียนทุกคนได้เขียนใบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้ทุกคนเกิดการเรียนรู้และลดปัญหาการพูดคุยในชั้นเรียน

7. ผู้วิจัยไม่ชัดเจนว่าจะให้นักเรียนเสนอแนวทางการแก้ปัญหาผ่านการอธิบายหรือการวาดภาพ ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนไปด้วย

8. ข้อมูลในส่วนของการแบ่งหน้าที่การทำงานไม่ได้นำมาใช้ประกอบการพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

9. ผู้วิจัยควรเพิ่มใบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนให้เพียงพอสำหรับนักเรียนทุกคน

10. นักเรียนทุกกลุ่มควรเริ่มสร้างแบบจำลองพร้อมกัน เพื่อลดความวุ่นวาย

11. ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมร่วมกัน

12. นักเรียนไม่ได้ให้ความสำคัญกับการวางแผนหลักและแผนสำรองเท่าที่ควร ทำให้การแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกมากกว่าที่จะใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

13. แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาควรเพิ่มรายละเอียดให้นักเรียนร่างภาพแบบจำลองรถไฟเหาะที่มีสเกลและมุมของวงลูปด้วย

14. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองไม่มีประสิทธิภาพ มีผลต่อการสร้างแบบจำลอง

15. ผู้วิจัยควรให้นักเรียนนำเสนอผลงานของนักเรียนหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เพื่อนๆ ได้แสดงความคิดเห็น และผู้วิจัยจะได้ประเมินแบบจำลองได้ง่ายขึ้น

การจัดการเรียนรู้ในวงจรนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ไม่ลื่นไหล เนื่องจากไม่แสดงปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มในขณะอภิปรายในชั้นเรียน อีกทั้งไม่ได้แสดงคำสั่งบนหน้าจออย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนไม่ทราบหน้าที่ของตนเอง นอกจากนี้ ผู้วิจัยไม่ส่งเสริม การเรียนรู้แบบนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพราะผู้วิจัยยังคงอ่านสถานการณ์ให้นักเรียนฟัง ส่งผลให้นักเรียนอธิบายปัญหาไม่ได้ด้วยตนเอง และไม่มีการตรวจสอบการวางแผนหลักและแผนสำรองของนักเรียน ดังนั้นในวงจรนี้นักเรียนส่วนมากจะแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกมากกว่าการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ในวงจรต่อไป ผู้วิจัยควรเน้นการเรียนรู้แบบนักเรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้น โดยให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ด้วยตนเอง และยกตัวอย่างการอธิบายปัญหา พร้อมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายปัญหาร่วมกัน อีกทั้งใช้สื่อการเรียนรู้ประกอบการอภิปรายให้มากขึ้น เพราะการอภิปรายปัญหาและสาเหตุในชั้นเรียนส่งผลต่อพฤติกรรมการกำหนดปัญหาและความสำคัญ และพฤติกรรมการอธิบายสาเหตุของนักเรียน พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนด้วย หากกิจกรรมมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยควรนำคลิปวิดีโอมาประกอบสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนทราบลักษณะการเคลื่อนที่ที่ชัดเจนมากขึ้น และต้องเลือกอุปกรณ์ที่มีคุณภาพในการสร้างแบบจำลองด้วย เพราะอุปกรณ์ไม่ดีทำให้นักเรียนใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองนานกว่าปกติ ในส่วนของการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยต้องออกคำสั่งผ่านหน้าจอโปรเจคเตอร์มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนทุกคนรับทราบและเข้าใจตรงกัน และต้องไปศึกษาเพิ่มเติมว่า การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาตามตามรูปแบบของการจัดการเรียนรู้นี้ ต้องการให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาด้วยการอธิบายหรือการวาดภาพ นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องปรับเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล กล่าวคือ ตัดส่วนการกำหนดหน้าที่ในแบบบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนออก เพราะไม่ได้นำมาวิเคราะห์ผลและทำให้นักเรียนสับสน อีกทั้งผู้วิจัยควรเพิ่มแบบบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนให้นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้และลดปัญหาการพูดคุยในชั้นเรียน

**2. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล**

**2.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล ตามผลการสะท้อนจากวงจรการที่ 1 โดยผู้วิจัยศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมพบว่า การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาสามารถทำได้ทั้ง

การอธิบายและวาดภาพ ผู้วิจัยจึงเลือกให้นักเรียนอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาเพราะการวาดภาพเพื่อแก้ปัญหาจะเกิดขึ้นในขั้นการวางแผนสร้างแบบจำลอง และผู้วิจัยตัดส่วนของการแบ่งหน้าที่การทำงานในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาออก พร้อมแก้ไขแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาโดยเพิ่มคำชี้แจงให้นักเรียนร่างภาพแบบจำลองอย่างละเอียด

ผู้วิจัยกำหนดเวลาการเก็บข้อมูลในวันที่ 11-12 มกราคม พ.ศ. 2559 เป็นเวลา 4 ชั่วโมงโดยก่อนจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ ได้แก่ Power Point เรื่อง บันจี้จัมพ์ ที่มีการแสดงคำสั่งบนหน้าจออย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนทุกคนทราบถึงหน้าที่ของตนเอง และเตรียมคลิปวิดีโอเกี่ยวกับบันจี้จัมพ์เพื่อดึงดูดความสนใจของ พร้อมทั้งจัดหาอุปกรณ์ ได้แก่ เชือกปอ เชือกลูกเสือ ไหมพรม สปริงขนาดเล็ก สปริงขนาดกลาง สปริงขนาดใหญ่ ยางวง ถุง และไข่ไก่ โดยผู้วิจัยตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทุกชิ้นตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 อีกทั้ง ได้ทดลองจัดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองบันจี้จัมพ์ด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและปรับปรุงแก้ไขได้ทันเวลา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยเตรียมเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ชุด แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ให้พร้อมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 40 ชุด และแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา จำนวน 40 ชุด เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเองและเกิดการเรียนรู้ อีกทั้งลดปัญหาการพูดคุยในชั้นเรียนตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 2

**2.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน ในวันที่ 18-20 มกราคม พ.ศ. 2559 ซึ่งแตกต่างจากที่วางแผนไว้ เนื่องจากวันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2559 นักเรียนที่เรียนนักศึกษาวิชาทหารระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต้องไปร่วมเดินขบวน ผู้วิจัยจึงเลื่อนวันเก็บรวบรวมข้อมูลออกไป อีกทั้งแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน มีรายละเอียดของกิจกรรมมาก ผู้วิจัยจำเป็นต้องขยายเวลาการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 6 ชั่วโมง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา** เป็นขั้นที่ผู้วิจัยจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ก่อนจัดการเรียนรู้กิจกรรมหน้าเสาธงใช้เวลานานและเกินเวลามาถึงคาบเรียนที่ 1 ฉะนั้น เวลาจัดการเรียนรู้ในวันนี้จึงลดน้อยลง เมื่อนักเรียนทุกคนขึ้นมาบนห้องแล้ว ผู้วิจัย

ให้นักเรียนนั่งประจำที่และเริ่มแสดงสถานการณ์ปัญหา โดยผู้วิจัยพยายามกระตุ้นความสนใจ โดยให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง จากนั้นผู้วิจัยตั้งคำถามว่า "จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้คืออะไร" และให้นักเรียนแต่ละคนอธิบายปัญหาด้วยตนเองลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 1 หลังจากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันอธิบายปัญหาเป็นเวลา 10 นาที โดยนำเอาปัญหาที่ตนเองได้อธิบายไว้มาอภิปรายกัน เมื่อครบกำหนดเวลานักเรียนทุกคนในกลุ่มจะได้เขียนคำตอบลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 3 และร่วมกันเขียนปัญหาของสถานการณ์ลงในกระดาษ A4

ผลการสะท้อนจากตัวผู้วิจัยเองพบปัญหาว่าเวลาในการจัดการเรียนรู้ลดลง เนื่องจากกิจกรรมหน้าเสาธงใช้เวลานานกว่าปกติ ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาที่ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมได้

...กิจกรรมหน้าเสาธงใช้เวลานาน ทำให้เวลาสอนลดลง

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

อีกทั้งผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยว่า ผู้วิจัยควรควบคุมชั้นเรียนให้ดี เพราะในช่วงต้นของการจัดการเรียนรู้นักเรียนพูดคุยกันเสียงดัง ผู้วิจัยควรรอให้นักเรียนทุกคนเงียบก่อนจึงจะดำเนินการจัดการเรียนรู้

...ในช่วงแรกนักเรียนคุยกันมาก ครูต้องรอให้นักเรียนเงียบก่อน

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยเตรียมมาสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี สังเกตได้จากนักเรียนพูดคุยกันน้อยลงเมื่อนักเรียนเริ่มอ่านสถานการณ์ เพราะนักเรียนจะระดมความคิดกันเพื่อกำหนดปัญหาภายในกลุ่ม เพราะสถานการณ์บันจี้จัมพ์เป็นสิ่งที่นักเรียนส่วนมากให้ความสนใจ อีกทั้งนักเรียนหลายคนเริ่มคุ้นเคยกับกิจกรรม ทำให้ครูควบคุมชั้นเรียนได้ง่ายขึ้น

...สถานการณ์ช่วยให้นักเรียนสนใจกิจกรรม

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

...นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับกิจกรรม ทำให้ครูควบคุมชั้นเรียนได้ง่ายขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

นอกจากนี้กิจกรรมช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี เพราะ นักเรียนได้อ่านสถานการณ์ไปพร้อมกับการวิเคราะห์ถึงปัญหาของสถานการณ์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะนำความรู้เดิมมาประยุกต์เข้ากับสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดและวิเคราะห์ปัญหาของสถานการณ์โดยใช้ความรู้เดิมเป็นฐาน

...กิจกรรมช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี คือ นักเรียนได้สถานการณ์พร้อมทั้งได้วิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

**ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจ้งปัญหา** เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ในขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยใช้คำถามว่า "จากปัญหาดังกล่าว นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์นี้คืออะไร" เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้อธิบายสาเหตุของปัญหาด้วยตนเองพร้อมทั้งเขียนบันทึกลงในแบบบันทึกการแก้ปัญหาข้อที่ 2 เมื่อนักเรียนทุกคนอธิบายสาเหตุของปัญหาเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะนำสาเหตุของปัญหาที่อธิบายไว้มาอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานักเรียนทุกคนในกลุ่มจะได้เขียนคำตอบของกลุ่มตนเองลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 3 และสรุปการอภิปรายลงในกระดาษ A4 หลังจากนั้นนักเรียนทุกกลุ่มจะนำกระดาษ A4 ที่มีทั้งคำตอบในส่วนของปัญหาและสาเหตุไปแปะไว้ที่ผนังห้องพร้อมยืนอยู่ประจำกลุ่มตนเอง จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนทำกิจกรรม “comment friend” ผู้วิจัยอธิบายกติกาว่าเมื่อผู้วิจัยบอกให้เปลี่ยนกลุ่ม นักเรียนทุกคนต้องเดินวนไปทางขวามือและอ่านปัญหาและสาเหตุของเพื่อนกลุ่มอื่นเป็นเวลา 2 นาที เมื่ออ่านจบให้นักเรียนช่วยกันเขียนคำแนะนำ เช่น เขียนปัญหาได้แล้ว แต่ขาดส่วนที่เป็นความสำคัญของปัญหา เป็นต้น เมื่อนักเรียนให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่นจนครบ ผู้วิจัยให้นักเรียนนั่งประจำที่และนำกระดาษ A4 ของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาร่วมอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อสรุปปัญหาและสาเหตุที่ถูกต้อง โดยผู้วิจัย

แสดงปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้นักเรียนทั้งห้องดูพร้อมกัน หลังจากนั้นนักเรียนได้ทำการบันทึกปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่ถูกต้องลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 4

เมื่อนักเรียนทุกคนบันทึกปัญหาและสาเหตุที่ถูกต้องทั้งหมดแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการศึกษา เรื่อง สภาพยืดหยุ่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน และการเคลื่อนที่หนึ่งมิติในแนวดิ่ง จากแหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมให้ ได้แก่ เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้สมบัติของสสาร (สิน นุ่มพรม, 2549) หนังสือฟิสิกส์และเคมี (ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์, 2549) ฟิสิกส์ 1 (ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก, 2552) เว็บไซด์ http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?id=76214 เมื่อวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2559 เว็บไซด์ http://www.scimath.org/socialnetwork /groups/viewbulletin/ เมื่อวันที่ 16 มกราคม 2559 และเว็บไซด์ https://chapter3motion. wordpress.com/การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง/ เมื่อวันที่ 16 มกราคม 2559 พร้อมจดบันทึกลงใน แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนข้อที่ 5 จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้จากแหล่งข้อมูล เมื่อสรุปข้อมูลแล้วนักเรียนทุกคนจะศึกษากฎของไซด์ จากใบความรู้เรื่องกฎของไซน์ และช่วยกันสรุปหาวิธีการคำนวณความสูงของจุดปล่อย โดยผู้วิจัยช่วยอธิบายและสรุปเพิ่มเติม จากนั้นนักเรียนทุกคนลงไปชั้น 1 บริเวณใต้ทางเชื่อมระหว่างตึก 4 และตึก 6 เพื่อหาความสูงของจุดปล่อยตามที่ได้ศึกษา

เมื่อทุกกลุ่มหามุมและระยะห่างของตึกกับผู้วัดเรียบร้อยแล้ว นักเรียนขึ้นมาบนห้องและนั่งประจำที่และทำการคำนวณหาความสูงของจุดปล่อยที่กลุ่มตนเองวัดได้ จากนั้นนักเรียนทุกกลุ่มนำค่าความสูงของเพื่อนแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยความสูงของจุดปล่อย เมื่อได้ความสูงของจุดปล่อยแล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มจะระดมความคิดเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหามา 2 แนวทาง พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 7 และร่วมกันสรุปแนวทางการแก้ปัญหา ในช่วงท้ายของการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยมอบหมายการบ้านให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาเรื่อง บันจี้จัมพ์ พร้อมบันทึกลงในใบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 9

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้แสดงให้ว่าถึงปัญหาว่า นักเรียนแสดงความคิดเห็นในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องเพราะผู้วิจัยไม่กระตุ้นนักเรียนเท่าที่ควร เนื่องจากในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม “comment friend” นักเรียนบางกลุ่มแสดงความคิดเห็นหรือให้คำแนะนำเพื่อนในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ เช่น เขียนยาวจังเลยและเขียนไม่ตรงบรรทัดเลย เป็นต้น ฉะนั้นผู้วิจัยควรเดินดูและตักเตือนกลุ่มที่ไม่ยอมทำกิจกรรมอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้พยายามว่ากล่าวตักเตือน แต่ด้วยนักเรียนมีจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงดูแลได้ไม่ทั่วถึง

...นักเรียนแสดงความคิดเห็นให้เพื่อนในเรื่องที่ไม่เกี่ยวกับปัญหาหรือสาเหตุ

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

...ครูควรเดินดูและตักเตือนกลุ่มที่ไม่ยอมทำกิจกรรม

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

นอกจากนี้ ในขณะให้นักเรียนทบทวนความรู้จากแหล่งข้อมูล ผู้วิจัยไม่อธิบายถึงการสรุปความรู้ต่างๆ จากแหล่งข้อมูลให้นักเรียนเข้าใจก่อนนักเรียนบางกลุ่มจึงไม่ทราบว่าต้องเลือกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลใดไปบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยควรอธิบายให้นักเรียนทราบว่า นักเรียนต้องอ่านข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ แล้วสรุปเป็นความเข้าใจของตนเองแล้วจดบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน หรือนักเรียนจะเลือกเชื่อแหล่งข้อมูลใดแหล่งข้อมูลหนึ่งก็ได้ แล้วจดบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน

...ระหว่างทบทวนความรู้จากแหล่งข้อมูล นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจว่าต้องจดอะไร

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2559)

ผู้เชี่ยวชาญและตัวผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า ผู้วิจัยควรอธิบายวิธีการหา ความสูงโดยใช้กฎของไซด์อย่างละเอียดและบอกวิธีการวัดค่าที่แม่นยำ เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนหาความสูงของตึกได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากในขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยไม่ได้อธิบายให้นักเรียนทราบว่าต้องวัดความสูงของผู้วัดขณะทำการวัดมุมระหว่างพื้นราบกับยอดตึกด้วยเพราะผู้วิจัยมีความตั้งใจว่าจะอธิบายหลังจากนักเรียนวัดตัวแปรต่างๆ เสร็จเรียบร้อยและขึ้นมาบนห้องแล้ว แต่ขณะวัดจริงผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนหลายกลุ่มยังคงสับสนเกี่ยวกับวิธีการวัดมุมระหว่างพื้นราบกับยอดตึก ผู้วิจัยพยายามแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยการอธิบายซ้ำและอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดการคำนวณ เพื่อลดปัญหาความคลาดเคลื่อนของการวัด แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยควรอธิบายวิธีการหาความสูงโดยใช้กฎของไซด์อย่างละเอียดและบอกวิธีการวัดค่าที่แม่นยำก่อนทำการวัดจริง เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนทำการหาความสูงของตึกได้อย่างรวดเร็ว

...การวัดความสูงของตึก เกิดความผิดพลาดมาก เพราะครูไม่อธิบายวิธีวัดที่ชัดเจนก่อน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2559)

...ครูควรสอนวิธีการหาความสูงโดยใช้กฎของไซด์และบอกวิธีการวัดค่าที่แม่นยำ เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนทำการหาความสูงของตึกได้อย่างรวดเร็ว

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2559)

หากผู้วิจัยมีการอธิบายที่ละเอียดการคำนวณให้นักเรียนเข้าใจก่อนดำเนินการวัดความสูงของตึก กิจกรรมนี้จะช่วยส่งเสริมทักษะคณิตศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องกฎของไซด์ได้เป็นอย่างดี เพราะขณะนั้นนักเรียนไม่สามารถวัดความสูงของตึกจริงได้

...กิจกรรมช่วยส่งเสริมความคิดของนักเรียนได้ดี ซึ่งนักเรียนได้ใช้ทักษะคณิตศาสตร์เรื่องกฎของไซด์ในการหาความสูงของตึก เพื่อที่จะออกแบบแบบจำลอง ซึ่งไม่สามารถวัดได้จริงในตอนนั้น

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2559)

อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ถือเป็นจุดแข็งของการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ เพราะสถานการณ์ดังกล่าวเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนมีความตั้งใจในการระดมความคิดกันมากขึ้น

...นักเรียนระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัญหามากขึ้นกว่าวงจรที่ 1

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

รูปแบบกิจกรรมช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนวิเคราะห์สาเหตุจากปัจจัยต่างๆ และระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงจุด เช่น ความสูงของระยะกระโดด ความยืดหยุ่นของเชือก หรือน้ำหนักของผู้กระโดด ซึ่งสาเหตุเหล่านี้สามารถแก้ไขได้เมื่อทราบตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งที่แน่นอน อีกทั้งผู้วิจัยได้กระตุ้นความคิดของนักเรียนได้ดี จึงเป็นอีกปัจจัยที่ช่วยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

...นักเรียนคาดเดาสาเหตุจากปัจจัยต่างๆ และระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงจุด ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนระบุสามารถแก้ไขได้เมื่อทราบตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งที่แน่นอน

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

...ครูได้กระตุ้นความคิดของนักเรียนได้ดี เช่น ทำไมผู้กระโดดจึงเกิดอุบัติเหตุเช่นนั้น

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

นอกจากนี้ การเรียงลำดับกิจกรรมดีขึ้น เพราะมีขั้นที่นักเรียนได้อธิบายปัญหาและสาเหตุด้วยตนเอง อธิบายปัญหาและสาเหตุผ่านการระดมความคิดภายในกลุ่มตนเอง เสนอแนะและวิจารณ์ปัญหาและสาเหตุของกลุ่มอื่น และได้ร่วมกันสรุปปัญหาและสาเหตุผ่านในห้องเรียนอีกครั้งหนึ่ง แต่กิจกรรมทั้งหมดใช้เวลานาน ควรลดเวลาให้กระชับ เพราะจะทำให้นักเรียนเบื่อได้

...เลือกลำดับขั้นการทำกิจกรรมได้ดี

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

...ใช้เวลานานควรลดเวลาให้กระชับ เพราะเด็กจะเบื่อ

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

**ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน** เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยอธิบายอุปกรณ์ที่นักเรียนจะได้นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาให้นักเรียนทราบ ได้แก่ เชือก เชือกลูกเสือ ไหมพรม สปริงที่มีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 2.0 N/m สปริงที่มีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 1.5 N/m และสปริงที่มีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 1.0 N/m โดยผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนทุกกลุ่มใช้ไข่ไก่แทนผู้กระโดด ซึ่งไข่ไก่มีน้ำหนักเท่ากับ 51 กรัม จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหาจากแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ในขั้นก่อนหน้า โดยนักเรียนต้องคำนวณว่าสปริงจะยืดไปเป็นระยะทางเท่าใดเมื่ออยู่ที่จุดต่ำสุด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการเลือกความยาวของเชือกต่างๆ ในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้ผู้วิจัยพยายามกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวางแผนการเพื่อแก้ปัญหาตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 โดยนักเรียนต้องวาดโครงร่างบันจี้จัมพ์ที่นักเรียนคิดว่าจะสามารถ

แก้ปัญหาของสถานการณ์ได้ลงในใบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา พร้อมลงรายละเอียดของโครงร่างให้ชัดเจน

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญกล่าวว่า วิธีการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมนักเรียนพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น การหาความยาวเชือกที่เหมาะสม

> ...นักเรียนพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น การหาความยาวเชือกที่เหมาะสม
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

**ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง** เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ในขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยบอกชื่อกลุ่มที่ชนะการแข่งขันรถไฟเหาะครั้งก่อน ซึ่งมีทั้งหมด 3 กลุ่ม พร้อมแจกรางวัลให้กับกลุ่มที่ชนะการแข่งขัน จากนั้นผู้วิจัยอธิบายกติกาว่านักเรียนกลุ่มที่ชนะจะได้รับสิทธิในการเลือกลำดับการแข่งขันก่อน แต่อย่าลืมว่าลำดับการแข่งขันมีผลต่อการเลือกซื้ออุปกรณ์ นักเรียนกลุ่มที่ได้แข่งขันเป็นอันดับแรกมีสิทธิ์ในการเลือกซื้ออุปกรณ์ก่อน นั่นหมายความว่า นักเรียนกลุ่มสุดท้ายอาจไม่ได้อุปกรณ์ตามที่ต้องการ ฉะนั้นนักเรียนทุกกลุ่มต้องวางแผนการสำรองสำหรับเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น โดยแผนการสำรองจะต้องแตกต่างไปจากแผนการหลักในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้า นอกจากนี้ผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติมว่าจำนวนเงินในการซื้ออุปกรณ์จะมีผลต่อการได้รับคะแนนด้วย กล่าวคือถ้านักเรียนทำการทดสอบบันจี้จัมพ์ได้ระยะความสูงที่เท่ากัน นักเรียนกลุ่มที่ใช้เงินในการซื้อของน้อยกว่าจะเป็นผู้ชนะไป ขณะนักเรียนกำลังวางแผนการสำรอง ผู้วิจัยพยายามเดินกระตุ้นนักเรียนทุกกลุ่มให้ช่วยกันตามผลการสะท้อนในวงจรการที่ 1 เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกเสนอวิธีการแก้ปัญหา และหลังจากนักเรียนวางแผนการทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยมุ่งเน้นตรวจสอบแผนการหลักและแผนสำรองของนักเรียนเพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา

จากผลการสะท้อนของอาจารย์พี่นิเทศทำให้ทราบว่า การกำหนดจำนวนในการซื้อช่วยจำกัดการลองผิดลองถูกของนักเรียนได้ เพราะนักเรียนจะต้องวางแผนและเลือกวิธีการที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดก่อนจึงจะทำการซื้ออุปกรณ์ เพื่อให้ประหยัดงบประมาณมากที่สุด

...นักเรียนมีการทำงานอย่างรอบคอบ แต่การเรียนจริง นักเรียนมักลองผิดลองถูก ทั้งนี้ หากนักเรียนมีการลองผิดลองถูกบ่อยเกินไปจะถูกจำกัดด้วยจำนวนเงินที่ซื้อของ

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

**ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง** เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนออกมาซื้ออุปกรณ์ตามลำดับที่เลือกไว้ และนักเรียนแต่ละกลุ่มจะทำการสร้างแบบจำลองตามแผนการที่เลือกไว้ โดยขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยพยายามควบคุมให้นักเรียนทุกกลุ่มเริ่มสร้างแบบจำลองพร้อมกัน แต่ยังคงมีนักเรียนบางกลุ่มลองสร้างแบบจำลองก่อน

ผลการสะท้อนจากปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมชั้นเรียนของผู้วิจัย เนื่องจากเป็นชั่วโมงที่นักเรียนต้องสร้างแบบจำลอง และแบบจำลองต้องนำไปทดสอบนอกห้องเรียน จึงมีความวุ่นวายระหว่างจัดการเรียนรู้ เพราะนักเรียนเดินเข้าและออกห้องบ่อย ดังนั้น ผู้วิจัยควรกำหนดเวลา การทดสอบเพื่อลดปัญหาความวุ่นวายในการเดินเข้าและออกห้องของนักเรียน

...นักเรียนพูดคุยกันเสียงดังขณะทำการสร้างแบบจำลอง

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่าผู้วิจัยเลือกอุปกรณ์สำหรับนำมาสร้างแบบจำลองได้อย่างหลากหลาย แต่หากอุปกรณ์บางชนิดมากเกินไป เช่น สปริง ควรเลือกอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อประหยัดเวลาการดำเนินกิจกรรม

...หากอุปกรณ์บางชนิดมากเกินไป ควรเลือกอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อประหยัดเวลาการดำเนินกิจกรรม เช่น สปริง

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

อย่างไรก็ตาม กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการคิดและสร้างสรรค์ผลงานได้ดี เพราะนักเรียนได้สัมผัสอุปกรณ์จริงออกแบบสร้างแบบจำลองตามแผนการที่วางแผนไว้ อีกทั้งทำให้เห็นถึงการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนต้อง

คำนึงถึงงบประมาณ นักเรียนจึงพยายามหาอุปกรณ์อื่นๆ มาทดแทน เช่น ผู้วิจัยกำหนดว่าไข่ไก่ฟองแรกไม่ต้องจ่ายเงิน แต่หากทำแตกต้องมาซื้อใหม่ฟองละ 8 บาท ดังนั้นนักเรียนจึงนำน้ำใส่ในขวดน้ำและชั่งน้ำหนักให้เท่ากับไข่ไก่ แล้วนำมาทดสอบแทนไข่ไก่เพื่อไม่ให้ไข่ไก่แตกและต้องซื้อใหม่

> …นักเรียนได้ออกแบบและทำตามแผนการที่จำลองไว้ และได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริง ได้ทราบถึงความยืดหยุ่นของเชือกและสปริงรวมทั้งมวล เป็นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและสร้างสรรค์ผลงานออกมาได้ดีมาก
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

> …ในส่วนของโครงสร้างของบันจี้จัมพ์มีทั้งส่วนที่ไม่ยืดหยุ่นและยืดหยุ่นเพราะฉะนั้นนักเรียนจะต้องคำนวณหรือสร้างแบบจำลองออกมาให้ได้โดยจำกัดด้วยอุปกรณ์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ดี
>
> (ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

> …นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาเฉพาะหน้าดี สังเกตจากการนำขวดน้ำมาใช้แทนไข่ โดยชั่งน้ำหนักให้เท่ากับน้ำหนักไข่ไก่ หรือบางกลุ่มฉีกเชือกปอเป็นเส้นบางๆ แทนการซื้อเชือกปอยาวๆ เพื่อประหยัดงบประมาณ
>
> (ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

**ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน** เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองพร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

ผู้วิจัยทำการประเมินแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มบริเวณทางเชื่อมระหว่างตึก 4 และ 6 ตามลำดับที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอัดคลิปวิดีโอการประเมินบันจี้จัมพ์ของกลุ่มตนเองด้วย เพื่อนำไปตัดต่อเป็นวิดีโอพร้อมอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้ผ่านคลิปวิดีโอตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 ที่แนะนำให้มีการนำเสนอแบบจำลองของนักเรียนอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถประเมินความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ หลังการประเมินนักเรียนทุกกลุ่มทำการตัดต่อวิดีโอการประเมินพร้อม

ทั้งอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้ผ่านคลิปวิดีโอ แล้วนำมาเผยแพร่ในกลุ่มวิชาฟิสิกส์ ว 31101 ให้เพื่อนกลุ่มอื่นได้ดู

ผลการสะท้อนจากผู้เชี่ยวชาญทำให้ทราบว่า ผู้วิจัยควรให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองและอธิบายกระบวนการหรือสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้ผ่านคลิปวิดีโอ เพราะจะช่วยให้นักเรียนเห็นภาพการเคลื่อนที่ของบันจี้จัมพ์ได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

...เพิ่มการนำเสนอเป็นคลิปวิดีโอ เพราะเป็นภาพเคลื่อนไหว นักเรียนจะเห็นการเคลื่อนที่ที่ชัดเจน

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้แสดงให้เห็นว่าผู้วิจัยควรควบคุมไม่ให้นักเรียนห้องอื่นมาวุ่นวายขณะทำการประเมิน เนื่องจากผู้วิจัยต้องทำการประเมินแบบจำลองของนักเรียนนอกห้องเรียน ทำให้มีนักเรียนชั้นอื่นและห้องอื่นมาให้ความสนใจและยืนดูการประเมิน จึงเกิดความวุ่นวายขณะทำการประเมิน ดังนั้นผู้วิจัยควรควบคุมไม่ให้นักเรียนห้องอื่นมาวุ่นวายขณะทำการประเมิน

...การประเมินแบบจำลองเกิดความวุ่นวาย เพราะประเมินนอกห้องเรียน มีนักเรียนกลุ่มอื่นนอกเหนือจากห้องที่เก็บข้อมูลเดินผ่านและให้ความสนใจ

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลว่าถึงแม้นักเรียนทุกกลุ่มจะได้ทำการตัดต่อวิดีโอเพื่ออธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้ แล้วนำมาเผยแพร่ในกลุ่มวิชาฟิสิกส์ ว301101 แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยควรเลือกกลุ่มนักเรียนที่มีผลการประเมินสูงสุดมานำเสนอเพื่อเป็นตัวอย่างให้กลุ่มอื่น

...ควรเลือกกลุ่มที่มีผลการประเมินสูงสุดมานำเสนอเพื่อเป็นตัวอย่างให้กลุ่มอื่น

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

ในขณะที่นักเรียนส่วนมากคิดว่าเวลาในการสร้างแบบจำลองน้อยเกินไป ทำให้สร้างแบบจำลองออกมาได้ไม่มีประสิทธิภาพมากพอ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้เกินคาบเรียนประมาณ 15 ถึง 20 นาที ส่งผลให้นักเรียนกลับบ้านช้ากว่าปกติ

...ไม่เหมาะสมเพราะเวลาการสร้างน้อยเกินไป ทำผลงานออกมาไม่ดี

(นักเรียนคนที่ 1, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

...ไม่เหมาะสมเพราะเลยคาบเรียน

(นักเรียนคนที่ 2, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

นอกจากนี้ นักเรียนหลายกลุ่มพบปัญหาขณะทดสอบแบบจำลอง เนื่องจากขณะทดสอบบันจี้จัมพ์มีลมแรง ทำให้ไข่ไปกระแทกกับคานใต้ทางเชื่อมตึก 4 และ 5 ที่เป็นจุดปล่อยบันจี้จัมพ์ ดังนั้นผู้วิจัยและนักเรียนต้องรอให้ลมหยุดก่อนทำการประเมินบันจี้จัมพ์ เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นข้อบกพร่องที่ควบคุมไม่ได้

...ลมพัดทำให้ไข่แตกในระหว่างทดลอง ทำให้เกิดความผิดพลาดขณะทดลอง

(นักเรียนคนที่ 3, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

...เวลาทดสอบเกิดความผิดพลาด คือ ไข่ชนคานแตกก่อนลงถึงจุดต่ำสุด

(นักเรียนคนที่ 4, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

อย่างไรก็ตาม รูปแบบการประเมินสามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้จริง เพราะได้ทราบถึงปัญหา สาเหตุการเกิดของปัญหา พร้อมทั้งได้จำลองสถานการณ์เพื่อตรวจสอบการแก้ปัญหานั้น โดยนักเรียนได้มีการวางแผนสร้างแบบจำลอง ทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอผลการแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยสามารถประเมินจากผลงานและการนำเสนอของนักเรียน

...ครูประเมินได้ตรงตามจุดประสงค์ ซึ่งได้ทราบถึงการแก้ปัญหาของนักเรียน พร้อมได้ทำการจำลองสถานการณ์เพื่อตรวจสอบปัญหานั้น โดยนักเรียนได้วางแผนสร้างแบบจำลอง อีกทั้งได้นำผลการทดลองครั้งแรกมาปรับปรุง ซึ่งครูสามารถประเมินได้จากผลงานและการนำเสนอ

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 20 มกราคม 2559)

**2.3 สรุปผลการสะท้อน**

จากผลการสะท้อนของผู้เชี่ยวชาญและตัวผู้วิจัยเอง ทำให้ทราบข้อบกพร่องและข้อดีของการจัดการเรียนรู้ เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน ดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. สถานการณ์บันจี้จัมพ์เป็นสิ่งที่นักเรียนส่วนมากให้ความสนใจ ทำให้ควบคุมชั้นเรียนได้ง่ายขึ้น

2. นักเรียนได้สถานการณ์พร้อมไปกับการวิเคราะห์ถึงปัญหาของสถานการณ์ช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี

3. นักเรียนคุ้นเคยกับการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจในการระดมความคิดกันมากขึ้น

4. หากผู้วิจัยมีการอธิบายที่ละเอียดการคำนวณให้นักเรียนเข้าใจก่อนดำเนินการวัดความสูงของตึก กิจกรรมนี้จะช่วยส่งเสริมทักษะคณิตศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องกฎของไซด์ได้เป็นอย่างดี

5. การอธิบายปัญหาและสาเหตุช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

6. การเรียงลำดับกิจกรรมดีขึ้น

7. การวางแผนทำให้นักเรียนพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น การหาความยาวเชือกที่เหมาะสม

8. การกำหนดจำนวนในการซื้อช่วยจำกัดการลองผิดลองถูกของนักเรียนได้

9. การสร้างบันจี้จัมพ์ส่งเสริมกระบวนการคิดและสร้างสรรค์ผลงานได้ดี อีกทั้งทำให้เห็นถึงการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าของนักเรียน

10. รูปแบบการประเมินสามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้จริง

ข้อบกพร่อง

1. กิจกรรมหน้าเสาธงใช้เวลานานกว่าปกติ เวลาในการจัดการเรียนรู้จึงลดลง ซึ่งเป็นปัญหาที่ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมได้

2. ผู้วิจัยควรรอให้นักเรียนเงียบก่อนจึงจะดำเนินการจัดการเรียนรู้

3. ผู้วิจัยควรเดินดูและตักเตือนกลุ่มที่ไม่ยอมทำกิจกรรมอยู่เสมอ

4. ผู้วิจัยควรอธิบายการสรุปความรู้จากแหล่งข้อมูลลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน

5. ผู้วิจัยควรอธิบายวิธีการหาความสูงโดยใช้กฎของไซด์อย่างละเอียดและบอกวิธีการวัดค่าที่แม่นยำ

6. กิจกรรมทั้งหมดใช้เวลานาน ควรลดเวลาให้กระชับ

7. ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาการทดสอบเพื่อลดปัญหาความวุ่นวายในการเดินเข้าและออกห้องของนักเรียน

8. หากอุปกรณ์บางชนิดมากเกินไป ควรเลือกอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อประหยัดเวลาการดำเนินกิจกรรม

9. การนำเสนอผลงานควรนำเสนอเป็นคลิปวิดีโอ เพราะเป็นภาพเคลื่อนไหวที่นักเรียนจะเห็นการเคลื่อนที่ที่ชัดเจน

10. ผู้วิจัยควรควบคุมไม่ให้นักเรียนห้องอื่นมาวุ่นวายขณะทำการประเมิน

11. ผู้วิจัยควรเลือกกลุ่มนักเรียนที่มีผลการประเมินสูงสุดมานำเสนอเพื่อเป็นตัวอย่างให้กลุ่มอื่น

12. ผู้วิจัยควรขยายเวลาการสร้างแบบจำลอง

13. ขณะทดสอบบันจี้จัมพ์มีลมแรง ทำให้ไข่ไปกระแทกกับคานใต้จุดปล่อยบันจี้จัมพ์ ซึ่งเป็นปัญหาที่ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมได้

การจัดการเรียนรู้ในวงจรนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยปรับกิจกรรมให้นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหาและตรวจสอบการวางแผนการของนักเรียนมากขึ้น ทำให้นักเรียนแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกลดลง อีกทั้งนำกิจกรรมซื้ออุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองมาเป็นส่วนหนึ่งในการเลือกใช้อุปกรณ์ ทำให้นักเรียนตั้งใจที่นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาวางแผนการแก้ปัญหามากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยควบคุมชั้นเรียนได้ไม่ดีเท่าที่ควร อาจเนื่องมาจากกิจกรรมบันจี้จัมพ์ต้องออกนอกห้องเรียน ทำให้ควบคุมชั้นเรียนได้ยาก ส่งผลให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยอธิบายการวัดไม่ละเอียด ทำให้

การวัดความสูงของตึกเพื่อบูรณาการทางคณิตศาสตร์มีความคลาดเคลื่อนมาก และเวลาการจัดการเรียนรู้มากเกินที่วางแผนไว้มาก

ในวงจรต่อไป ผู้วิจัยควรเน้นการควบคุมชั้นเรียนมากขึ้น โดยเดินดูและตักเตือนนักเรียนกลุ่มที่ไม่ยอมทำกิจกรรมอยู่เสมอ หากมีความจำเป็นที่นักเรียนต้องออกจากห้องเรียนเพื่อทดสอบแบบจำลอง ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาการเข้า-ออกห้องเรียนเพื่อลดปัญหาความวุ่นวายในการเดินเข้าและออกห้องของนักเรียน นอกจากนี้หากนักเรียนต้องใช้การคำนวณเพื่อบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ ผู้วิจัยต้องอธิบายวิธีการคำนวณอย่างละเอียด และถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้ในวงจรนี้จะลดการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกของนักเรียนได้มากขึ้น แต่ผู้วิจัยควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการประเมินด้วย เพราะมีผลต่อการประเมินตนเองและสร้างความสนใจของนักเรียนในวงจรต่อไป หากแบบจำลองมีการเคลื่อนที่ เช่น บันจี้จัมพ์ของวงจรนี้ นักเรียนควรนำเสนอเป็นคลิปวิดีโอให้เห็นการเคลื่อนที่ที่ชัดเจน แต่หากเวลาไม่พอควรเลือกนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนแบบจำลองเป็นลำดับที่ 1 มานำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนกลุ่มอื่นทราบแนวทางว่าควรสร้างแบบจำลองอย่างไรเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์นี้ ปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ คือ เวลา ผู้วิจัยต้องลดระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ในขั้นอธิบายปัญหาและสาเหตุให้กระชับ แต่เพิ่มระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองให้มากขึ้น

**3. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย**

**3.1 การเตรียมการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกล ตามผลการสะท้อนจากวงจรที่ 2 โดยปรับปรุงเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้น้อยลงตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 2

ผู้วิจัยกำหนดเวลาการเก็บข้อมูลในวันที่ 11-12 มกราคม พ.ศ. 2559 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ ได้แก่ Power Point เรื่อง เครื่องกล รอกเดี่ยว รอกพวง ด้าย ถุงทรายน้ำหนัก 1 กรัม ถุงทรายน้ำหนัก 5 กรัม ถุงทรายน้ำหนัก 10 กรัม ถุงทรายน้ำหนัก 20 กรัม ถุงทรายน้ำหนัก 30 กรัม และถุงทรายน้ำหนัก 40 กรัม โดยผู้วิจัยตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทุกชิ้นและเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความหลากหลายน้อยลง เพื่อประหยัดเวลาการดำเนินกิจกรรม อีกทั้งได้ทดลองจัดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองรอกอย่างง่ายด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและปรับปรุงแก้ไขได้ทันเวลา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยจัดเตรียมเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญและผู้วิจัย จำนวน 3 ชุด แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ให้พร้อมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 40 ชุด และแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน จำนวน 40 ชุด อีกทั้งจัดเตรียมกล้องวิดีโอสำหรับบันทึกเทปการจัดการเรียนรู้

3.2 **การดำเนินการจัดการเรียนรู้**

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ วันที่ 28-29 ธันวาคม พ.ศ. 2558 ตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา** เป็นขั้นที่ผู้วิจัยจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

เมื่อนักเรียนเข้ามาในห้อง ผู้วิจัยรอให้นักเรียนนั่งที่และอยู่ในระเบียบก่อนตามผลสะท้อนในวงจรที่ 2 จากนั้นผู้วิจัยเริ่มจัดการเรียนรู้ด้วยการแจกแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาให้นักเรียนคนละ 1 ชุด และแสดงสถานการณ์ให้นักเรียนอ่าน โดยให้เวลาอ่านสถานการณ์ 5 นาที ขณะที่นักเรียนกำลังอ่านสถานการณ์ ผู้วิจัยพยายามเดินเข้าหานักเรียนทีละกลุ่มเพื่อกระตุ้นนักเรียน เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาจบแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่คนอธิบายปัญหาของสถานการณ์ด้วยตนเองลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 1.1 หลังจากนั้นนักเรียนทุกคนในกลุ่มจะร่วมกันอภิปรายเพื่ออธิบายปัญหาของกลุ่มตนเอง เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มอธิบายปัญหาของกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 1.2 นอกจากนี้นักเรียนจะได้รับกระดาษ A4 เพื่อเขียนปัญหาที่อธิบายลงในกระดาษ A4

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตนเองว่า ผู้วิจัยควรกระตุ้นนักเรียนตั้งแต่เริ่ม การจัดการเรียนรู้ เพราะขณะที่นักเรียนอ่านสถานการณ์ นักเรียนบางคนมีอาการซึมๆ เหมือนเพิ่งตื่นนอน และไม่ใส่ใจที่จะร่วมทำกิจกรรม

...นักเรียนบางคนไม่ใส่ใจทำงาน

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2559)

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนได้ดี กล่าวคือ เมื่อนักเรียนทุกคนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายปัญหาของกลุ่มตนเอง ผู้วิจัยใช้คำถามที่มุ่งเน้นให้นักเรียนคิดตามทีละขั้นตอน เช่น "จากคลิปวิดีโอ นักเรียนคิดว่าปัญหาในสถานการณ์นี้คืออะไร ทำไมรอกที่คนงานใช้จึงยกคานขึ้นไปไม่ได้" เป็นต้น

...ครูมีคำถามกระตุ้นเด็กนักเรียนได้ดี
(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2559)

นอกจากนี้ กิจกรรมการยืนยันปัญหาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนได้พบปัญหาจาสถานการณ์ที่เตรียมให้ พร้อมทั้งนักเรียนจะได้อธิบายปัญหาด้วยตนเองและผ่านการอภิปรายในกลุ่ม

...กิจกรรมช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี นักเรียนได้เจอปัญหาและระบุปัญหาพร้อมยืนยันปัญหาจากการอภิปราย
(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2559)

**ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจ้งปัญหา** เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยใช้คำถามว่า "จากปัญหาดังกล่าว นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์นี้คืออะไร" และให้นักเรียนทุกคนอธิบายปัญหาด้วยตัวเอง พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 2.1 จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะนำเอาปัญหาที่อธิบายไว้มาอภิปรายกันภายในกลุ่มเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานักเรียนแต่ละคนจะได้เขียนอธิบายคำตอบของกลุ่มตนเองลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 2.2 และบันทึกสาเหตุของปัญหาลงในกระดาษ A4 ที่ผู้วิจัยแจก หลังจากนั้นผู้วิจัยเก็บกระดาษ A4 ของนักเรียนแต่ละกลุ่มและนำมาแสดงหน้าชั้นเรียนเพื่อร่วมกันอภิปรายและสรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหาอีกครั้ง เมื่ออภิปรายปัญหาและสาเหตุของปัญหาเรียบร้อยแล้ว นักเรียนทุกคนบันทึกปัญหาและสาเหตุ ที่สรุปลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 3

นักเรียนศึกษาเรื่องรอกจากแหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมให้ ได้แก่ จากเว็ปไซด์ http://www.skr.ac.th/link/web_education/web_teacher/science/nantana/Unit2.pdf และคลิปวิดีโอ เรื่อง เครื่องกล วิทยาศาสตร์ ม.4-6 (ฟิสิกส์) ที่สืบค้นจากเว็ปไซด์ https://www.youtube.com/watch?v=D710b875CU0 โดยนักเรียนจะได้สรุปความรู้ที่ได้ศึกษาลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยพยายามเน้นให้นักเรียนทราบว่า นักเรียนควรศึกษาสมการที่ใช้ในการคำนวณหาการผ่อนแรงของรอกแต่ละรูปแบบ เพราะนักเรียนจะได้นำมาใช้ในวางแผนสร้างรอกในขั้นต่อไป เมื่อนักเรียนศึกษาเรื่องรอกและสมการที่ใช้ในการคำนวณหาการผ่อนแรงเรียบร้อย นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวางแนวทางการแก้ปัญหาพร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 6

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยว่า ผู้วิจัยใช้คำถามที่กระตุ้นความคิดและตรงประเด็นดี เช่น นักเรียนคิดว่ารอกยกคานไม่ได้ มีสาเหตุมาจากการผ่อนแรงของรอกหรือแรงที่คนงานกระทำ

...ครูใช้คำถามได้ตรงประเด็น เช่น นักเรียนคิดว่าปัญหามีสาเหตุจากอะไร เกิดจากรอกหรือแรง

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2559)

...ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดดี

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2559)

กิจกรรมการอภิปรายคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มอภิปรายปัญหาและสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น เพราะผู้วิจัยแสดงคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้นักเรียนทุกคนได้อภิปรายร่วมกัน

...นักเรียนหลายกลุ่มอภิปรายปัญหาและสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ .2559)

...นักเรียนมีสามารถระบุปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ เช่น คานหนักเกินไป หรือรอกไม่ผ่อนแรง

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 1 กุมภาพันธ์ 2559)

กิจกรรมการศึกษาความรู้จากแหล่งข้อมูลดำเนินไปอย่างราบรื่น เพราะนักเรียนเข้าใจวิธีการเรียนรู้และรู้หน้าที่ของตนเองมากขึ้น สังเกตได้จากนักเรียนหลายกลุ่มตั้งใจอ่านข้อมูลและศึกษาข้อมูลจากคลิปวิดีโอ อีกทั้งนักเรียนทุกกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้อย่างตั้งใจ

...นักเรียนตั้งใจสรุปความรู้ และดูคลิปวิดีโอ เพราะเข้าใจหน้าที่ของตนเอง

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า แหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมมา มีเนื้อหาที่ครบถ้วนและถูกต้อง เหมาะสมกับระดับการศึกษาของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนส่วนมากสามารถวางแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องมากขึ้น เพราะแหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมมาให้มีเนื้อหาที่เฉพาะและตรงตามสถานการณ์ ทำให้นักเรียนนำความรู้จากแหล่งข้อมูล ไปใช้ในการวางแนวทางการแก้ปัญหาได้จริง

...แหล่งข้อมูลที่ครูเตรียมมาให้มีเนื้อหาที่เฉพาะและตรงตามสถานการณ์

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 18 มกราคม 2559)

**ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน** เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึง วางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยอธิบายอุปกรณ์ที่นักเรียนจะได้นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาให้นักเรียนทราบ ได้แก่ รอกเดี่ยว 2 อัน รอกพวง 1 อัน ด้าย 1 ม้วน ถุงทรายน้ำหนัก 1 กรัม จำนวน 3 ถุง ถุงทรายน้ำหนัก 5 กรัม จำนวน 3 ถุง ถุงทรายน้ำหนัก 10 กรัม จำนวน 3 ถุง ถุงทรายน้ำหนัก 20 กรัม จำนวน 2 ถุง ถุงทรายน้ำหนัก 30 กรัม จำนวน 2 ถุง และถุงทรายน้ำหนัก 40 กรัม จำนวน 2 ถุง โดยผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนทุกกลุ่มใช้ถุงทรายน้ำหนัก 40 กรัม แทนคาน จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหาผ่านการออกแบบแบบจำลองตามแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ในขั้นก่อนหน้า โดยนักเรียนต้องวาดโครงร่างรอกที่

นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาของสถานการณ์ได้ลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา พร้อมลงรายละเอียดของโครงร่างให้ชัดเจน อีกทั้งนักเรียนต้องคำนวณหาแรงยกของรอกประกอบการออกแบบด้วย เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการเลือกวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ผู้เชี่ยวชาญสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยว่า กิจกรรมนี้ช่วยส่งเสริมกระบวนการวางแผนการทดลองของนักเรียน เพราะนักเรียนต้องออกแบบรอกเดี่ยวและรอกพวงให้ยกถุงทรายได้มากที่สุดหรือผ่อนแรงได้มากที่สุดจากอุปกรณ์ที่มีอย่างจำกัด

...ช่วยส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิดวางแผนในการทดลองแต่ละครั้ง เพื่อให้รอกผ่อนแรงมากที่สุด โดยวางแผนในการใช้อุปกรณ์ที่มีจำกัด

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยกระตุ้นนักเรียนได้ดี กล่าวคือผู้วิจัยเดินดูนักเรียนทีละกลุ่ม เพื่อกระตุ้นนักเรียนและตรวจสอบความเข้าใจในการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มด้วย ซึ่งทำให้นักเรียนอยู่ในระเบียบมากขึ้นด้วย ถือเป็นการควบคุมชั้นเรียนที่ดี

...ครูควบคุมชั้นเรียนได้ดีขึ้น มีการเดินดูนักเรียนเป็นกลุ่มๆ

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

**ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง** เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยอธิบายให้นักเรียนทราบว่า นักเรียนมีโอกาสในการสร้างแบบจำลองเป็นเวลา 55 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่จำกัด นักเรียนอาจไม่มีเวลาในการปรับแก้แบบจำลองมากเท่าที่ควร ดังนั้น นักเรียนทุกกลุ่มต้องวางแผนการสำรองสำหรับเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น หากนักเรียนสร้างแบบจำลองตามแผนการหลักแล้วไม่สำเร็จ นักเรียนจะได้มีแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองตามแผนการสำรองที่ออกแบบไว้ ทำให้นักเรียนไม่ต้องเสียเวลาออกแบบใหม่อีกครั้ง

ผลการสะท้อนทำให้ผู้วิจัยทราบว่าการกำหนดเวลาและอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการวางแผนของนักเรียนได้มาก อีกทั้งการกระตุ้นความคิดนักเรียนก็มีส่วนสำคัญ กล่าวคือ การที่ผู้วิจัยกระตุ้นนักเรียนเป็นระยะ ทำให้นักเรียนทราบแนวทางการทำกิจกรรมที่ชัดเจนและไม่เสียเวลามากเกินไป เช่น ผู้วิจัยอธิบายเกี่ยวกับประสิทธิภาพของรอกเดี่ยวตายตัวและรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ประกอบการวางแผนของนักเรียน

...นักเรียนมีเวลาและอุปกรณ์ที่จำกัด ทำให้นักเรียนได้ฝึกวางแผน

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

...ครูได้กระตุ้นความคิดเป็นระยะเพื่อนักเรียนจะได้ใช้เวลาไม่มากเกินไป โดยอธิบายเกี่ยวกับประสิทธิภาพของรอกเดี่ยวตายตัวและรอกเดี่ยวเคลื่อนที่

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

**ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง** เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขณะจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยบอกชื่อกลุ่มที่ชนะการแข่งขันบันจี้จัมพ์ครั้งก่อนพร้อมแจกรางวัลให้กับกลุ่มที่ชนะการแข่งขัน จากนั้นผู้วิจัยแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนดำเนินการสร้างแบบจำลองตามแผนการที่เลือกไว้

ผลการสะท้อนแสดงให้เห็นข้อบกพร่องเกี่ยวกับการควบคุมชั้นเรียนของครูเนื่องจากนักเรียนต้องสร้างแบบจำลองใต้โต๊ะ ทำให้นักเรียนพูดคุยกันเสียงดังระหว่างจัดการเรียนรู้

...นักเรียนพูดคุยกันเสียงดังขณะทำการสร้างแบบจำลอง

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

อาจารย์นิเทศสะท้อนผลว่ากิจกรรมนี้เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี เนื่องจากนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองตามที่ได้วางแผนไว้ให้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ หากมีส่วนผิดพลาดก็สามารถใช้แผนการสำรองที่ได้วางแผนไว้มาปรับปรุงให้ได้ผลที่น่าพอใจมากที่สุด แล้วนำแบบจำลองมาอธิบายหน้าชั้นเรียน

...เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี เพราะนักเรียนต้องสร้างแบบจำลอง ตามที่ได้วางแผนไว้ให้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ หากมีส่วนผิดพลาดก็สามารถใช้แผนการสำรองที่ได้วางแผนไว้มาปรับปรุงให้ได้ผลที่น่าพอใจมากที่สุด

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

**ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน** เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองพร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการประเมินแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยเดินประเมินทีละกลุ่ม ซึ่งขณะประเมินนักเรียนทุกคนได้เข้าร่วมสังเกตการประเมินด้วย นักเรียนที่ได้รับการประเมินจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองของกลุ่มเองให้ผู้วิจัยและเพื่อนฟังก่อน เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถประเมินความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนทุกคนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

...นักเรียนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

...ครูได้ทำการประเมินทีละกลุ่ม ซึ่งจะได้สังเกตการอธิบายและการนำเสนอผลที่สะท้อนถึงความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี

(ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2, แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

นักเรียนส่วนมากสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า ร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมดคิดว่าเวลาการจัดการเรียนรู้เพียงพอและเหมาะสมแล้ว

...เหมาะสมเพราะมีเวลาพอที่จะสามารถปฏิบัติได้

(นักเรียนคนที่ 1, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน, 2 กุมภาพันธ์ 2559)

**3.3 สรุปผลการสะท้อน**

จากผลการสะท้อนของผู้เชี่ยวชาญและตัวผู้วิจัยเอง ทำให้ทราบข้อบกพร่องและข้อดีของการจัดการเรียนรู้ เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน ดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. ผู้วิจัยตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนได้ดี
2. กิจกรรมการยืนยันปัญหาช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี
3. ผู้วิจัยใช้คำถามที่กระตุ้นความคิดและตรงประเด็นดี
4. กิจกรรมการอภิปรายคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มอภิปรายปัญหาและสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น
5. กิจกรรมการศึกษาความรู้จากแหล่งข้อมูลดำเนินไปอย่างราบรื่น
6. แหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมมามีเนื้อหาที่ครบถ้วนและถูกต้อง เหมาะสมกับระดับการศึกษาของนักเรียน
7. กิจกรรมการวางแผนการและวางแผนการสำรองช่วยส่งเสริมกระบวนการในการวางแผนการทดลองของนักเรียน
8. ผู้วิจัยกระตุ้นนักเรียนได้ดี มีการเดินดูนักเรียนทีละกลุ่ม
9. การกำหนดเวลาและอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการวางแผนของนักเรียนได้มาก
10. ผู้วิจัยกระตุ้นนักเรียนเป็นระยะ ทำให้นักเรียนทราบแนวทางการทำกิจกรรมที่ชัดเจนและไม่เสียเวลามากเกินไป
11. กิจกรรมการสร้างแบบจำลองเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี
12. ผู้วิจัยได้ทำการประเมินทีละกลุ่ม ซึ่งจะได้สังเกตการอธิบายและการนำเสนอผลที่สะท้อนถึงความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี
13. เวลาการจัดการเรียนรู้เพียงพอและเหมาะสมแล้ว

ข้อบกพร่อง

1. ผู้วิจัยควรกระตุ้นนักเรียนตั้งแต่เริ่มการจัดการเรียนรู้
2. ผู้วิจัยควรควบคุมชั้นเรียนให้ดี ขณะนักเรียนสร้างแบบจำลอง

การจัดการเรียนรู้ในวงจรนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยปรับกิจกรรมให้นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหาและตรวจสอบการวางแผนการของนักเรียนมากขึ้น ทำให้นักเรียนแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกลดลง อีกทั้งผู้วิจัยปรับเวลาการอภิปรายให้ลดลงอย่างพอสมควรและเพิ่มเวลาการสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มอภิปรายปัญหาและสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น กิจกรรมการศึกษาความรู้จากแหล่งข้อมูลดำเนินไป อย่างราบรื่น เพราะแหล่งข้อมูลที่เตรียมมามีเนื้อหาที่ครบถ้วน ถูกต้อง และเข้าใจง่าย อีกทั้งกระตุ้นและตรวจการวางแผนการและวางแผนการสำรองก่อนสร้างแบบจำลอง ช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนได้มากขึ้น เมื่อนักเรียนวางแผนอย่างถูกต้องและชัดเจน นักเรียนจึงสามารถเลือกแบบจำลองได้อย่างเหมาะสมและสร้างแบบจำลองได้โดยที่ไม่เสียเวลามากเกินไป ซึ่งนักเรียนจะได้พัฒนาพฤติกรรมการนำวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมาปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยควรกระตุ้นนักเรียนตั้งแต่เริ่มการจัดการเรียนรู้และควบคุมชั้นเรียนให้ดี ขณะนักเรียนสร้างแบบจำลอง

**4. สรุปวิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องงานและพลังงาน**

เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ครูควรแสดงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันและมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงานที่สามารถบูรณาการความรู้กับสาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสถานการณ์นั้นต้องมีความเหมาะสมกับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สอดคล้องกับพื้นฐานของผู้เรียน และไม่ไกลตัวนักเรียนจนเกินไป หลังจากนั้น ครูควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน เช่น “จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้คืออะไร” เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกกำหนดปัญหาด้วยตนเอง โดยครูจะต้องไม่บอกแนวทางหรือเฉลยคำตอบที่ถูกต้องก่อน นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำผลการกำหนดปัญหาของตนเองมาอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดและสรุปปัญหาของสถานการณ์ของแต่ละกลุ่ม เพื่อส่งเสริมพฤติกรรม การอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจ้งปัญหา ครูควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนที่ต่อเนื่องจากขั้นที่ 1 เช่น “จากปัญหาที่นักเรียนระบุ นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาคืออะไร” เพื่อให้นักเรียน แต่ละคนอธิบายสาเหตุของปัญหาด้วยตนเอง หลังจากนั้นครูควรเปิดโอกาสให้

นักเรียนแต่ละคนนำผลการอธิบายสาเหตุมาอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อระบุองค์ประกอบของปัญหาและสรุปสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงาน เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มสรุปสาเหตุเรียบร้อยแล้ว ครูควรนำผลการอธิบายปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 1 และผลการสรุปสาเหตุที่ได้จากขั้นที่ 2 ของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาแสดงให้นักเรียนทุกคนในห้องได้เห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายว่า ปัญหาและสาเหตุใดใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงานมาอธิบายได้อย่างถูกต้อง จากนั้นนักเรียนทุกคนต้องมีโอกาสได้ทบทวนความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องทั้งในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และสรุปความรู้เหล่านั้นเป็นความเข้าใจของตนเอง แล้วนำมาระดมความคิดกันเพื่อเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน ครูต้องเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ทางเทคโนโลยี แต่อย่างไรก็ตามครูต้องจำกัดจำนวนอุปกรณ์ เพราะการจำกัดจำนวนอุปกรณ์ช่วยลดการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนต้องวางแผนการสร้างที่แม่นยำเสียก่อนเพื่อไม่ให้เสียอุปกรณ์ไปอย่างฟุ่มเฟือย ซึ่งในขณะจัดการเรียนรู้ครูต้องแสดงอุปกรณ์ที่นักเรียนจะได้นำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอธิบายกติกา เงื่อนไขการสร้าง และเกณฑ์การประเมินแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนทราบว่าควรประดิษฐ์แบบจำลองอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด นอกจากนี้ครูต้องอธิบายให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนว่าเป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนทราบแนวทางการสร้างแบบจำลองและไม่ต้องใช้เวลาสร้างนาน ดังนั้นครูจำต้องตรวจสอบว่า นักเรียนทุกกลุ่มใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการวางแผนการก่อนสร้างแบบจำลองหรือไม่ หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะระดมความคิดกันเพื่อวางแผนการสร้างแบบจำลอง ข้อเน้นย้ำของการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้คือครูต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผน เช่น การวางแผนสร้างบันจี้จัมพ์ นักเรียนจะได้ออกแบบบันจี้จัมพ์และคำนวณหาระยะยืดของสปริงโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน หากนักเรียนคำนวณหาระยะยืดไม่ได้จะส่งผลให้นักเรียนเลือกความยาวของเชือกและอุปกรณ์อื่นผิดพลาดด้วย จะเห็นว่าหลักการทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผน เพื่อให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง ครูต้องเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแผนการสำรองว่า แผนการสำรองช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือปรับปรุงข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว เพราะนักเรียนไม่ต้องวางแผนการใหม่ เพียงแค่นำแผนการสำรองมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม เมื่อครูเน้นย้ำความสำคัญของแผนการสำรองแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะระดมความคิดกัน

เพื่ออธิบายแผนการสำรอง การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้มีข้อเน้นย้ำเช่นเดียวกับขั้นวางแผน นั่นคือ ครูต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผนการสำรอง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มจะส่งตัวแทนมารับอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองสร้างแบบจำลองทั้ง 2 แบบ จากนั้น นักเรียนจะเลือกว่าต้องการสร้างแบบจำลองในลักษณะใด พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือก ว่าทำไมจึงเลือกสร้างแบบจำลองในลักษณะนี้ เมื่อนักเรียนเลือกแบบจำลองที่ต้องการสร้างแล้ว ครูต้องให้อิสระกับนักเรียนในการสร้างแบบจำลองแบบสมบูรณ์ด้วยตนเอง เนื่องด้วยกิจกรรมการสร้างแบบจำลองเป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา ฉะนั้น ครูควรแบ่งเวลาการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ให้มากกว่าขั้นอื่นๆ หรือประมาณ 1 ชั่วโมง เพราะนักเรียนจะต้องใช้เวลาสร้าง ทดสอบ และเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ ระยะเวลาที่จำกัดอย่างเหมาะสมจะช่วยลดการลองผิดลองถูกของนักเรียนได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน ครูและนักเรียนควรร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มต้องมีโอกาสได้นำเสนอผลงานของตนเอง ซึ่งนักเรียนจะนำเสนอผลงานก่อนประเมินหรือหลังประเมินก็ได้ ตัวอย่างเช่นนักเรียนได้ประเมินแบบจำลองบันจี้จัมพ์ก่อน ในขณะประเมินนักเรียนได้บันทึกผลการประเมิน เพื่อนำมาประกอบการนำเสนอผลงาน โดยนักเรียนต้องอธิบายความรู้ที่นำมาใช้และได้รับจากการเรียนรู้ด้วย อย่างไรก็ตามครูต้องสรุปกิจกรรมและความรู้ที่นักเรียนได้รับให้นักเรียนฟังอีกครั้ง เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนและเสริมความรู้ที่ขาดนักเรียน

ผู้วิจัยสรุปผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจร และแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจร และแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรที่ 1 | วงจรที่ 2 | วงจรที่ 3 | |
| ขั้นยืนยันปัญหา | ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเองและยกตัวอย่างการกำหนดปัญหาให้นักเรียนเข้าใจก่อน อีกทั้งแสดงปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มในขณะอภิปราย | สถานการณ์กระตุ้นนักเรียนดี แต่ควรรอให้นักเรียนเงียบก่อนจึงจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ และตักเตือนกลุ่มที่ไม่ยอมทำกิจกรรมอยู่เสมอ | ผู้วิจัยตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนได้ดี และกิจกรรมการยืนยันปัญหาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี แต่ผู้วิจัยควรกระตุ้นนักเรียนตั้งแต่เริ่มการจัดการเรียนรู้ | ครูควรแสดงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันและมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงานที่สามารถบูรณาการความรู้กับสาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี และไม่ไกลตัวนักเรียนจนเกินไป อีกทั้งใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน เพื่อฝึกการกำหนดปัญหา นอกจากนี้ควรให้นักเรียนนำผลการกำหนดปัญหาของตนเองมาอภิปรายภายในกลุ่มและในชั้นเรียน เพื่อสรุปปัญหาของสถานการณ์ของแต่ละกลุ่ม |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรที่ 1 | วงจรที่ 2 | วงจรที่ 3 | |
| ขั้นชี้แจงปัญหา | ผู้วิจัยควรแสดงคำสั่งบนหน้าจออย่างชัดเจน และแสดงคลิปวิดีโอการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะให้นักเรียนทราบถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะตีลังกาอีกทั้งไปศึกษาเพิ่มเติมว่าการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาต้องอธิบายหรือการวาดภาพ | ผู้วิจัยควรอธิบายการสรุปความรู้จากแหล่งข้อมูลให้นักเรียนทราบ และอธิบายการคำนวณสำหรับการบูรณาการคณิตศาสตร์ | กิจกรรมการอภิปรายคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียนทำให้นักเรียนหลายกลุ่มอภิปรายสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งแหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยเตรียมมามีเนื้อหาที่ครบถ้วนและถูกต้อง เหมาะสมกับระดับการศึกษาของนักเรียน | ครูควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดที่ต่อเนื่องจากขั้นที่ 1 เพื่อให้นักเรียนอธิบายสาเหตุของปัญหาด้วยตนเอง อีกทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนนำคำตอบมาอภิปรายภายในกลุ่มและชั้นเรียน เพื่อระบุองค์ประกอบของปัญหาและสรุปสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งในขณะอภิปรายครูต้องแสดงคำตอบของนักเรียนทุกกลุ่มให้เห็นอย่างชัดเจน นอกจากนี้นักเรียนต้องได้ทบทวนความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องและนำมาเสนอวิธีการแก้ปัญหา |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรที่ 1 | วงจรที่ 2 | วงจรที่ 3 | |
| ขั้นวางแผน | ข้อมูลในส่วนของการแบ่งหน้าที่การทำงานไม่ได้นำมาใช้ประกอบการพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ดังนั้นผู้วิจัยควรตรวจสอบการวางแผนการหลักของนักเรียน | นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนจำเป็นในการวางแผนแก้ปัญหา | ผู้วิจัยกระตุ้นนักเรียนได้ดี มีการเดินดูนักเรียนทีละกลุ่ม อีกทั้งกิจกรรมการวางแผนการช่วยส่งเสริมกระบวนการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียน | ครูต้องเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลาย แต่ต้องจำกัดจำนวนอุปกรณ์ เพื่อลดการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ซึ่งในขณะจัดการเรียนรู้ครูต้องแสดงอุปกรณ์ กติกา เงื่อนไขการสร้างและเกณฑ์การประเมิน ให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน นอกจากนี้ครูต้องอธิบายให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนว่าการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาจะช่วยให้นักเรียนทราบแนวทางการสร้างแบบจำลองและไม่ต้องใช้เวลา |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรที่ 1 | วงจรที่ 2 | วงจรที่ 3 | |
| | | | | สร้างนาน ดังนั้น ครูต้องตรวจว่า นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการวางแผนการหรือไม่ ข้อเน้นย้ำคือครูต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผน |
| ขั้นวางแผนการสำรอง | ตัดข้อมูลในส่วนของการแบ่งหน้าที่การทำงานและนักเรียนแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ดังนั้น ผู้วิจัยควรตรวจสอบการวางแผนการสำรองของนักเรียน | นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนจำเป็นในการวางแผนแก้ปัญหา และเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนการสำรอง | กิจกรรมการวางการสำรองช่วยส่งเสริมกระบวนการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียน | ครูต้องเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแผนการสำรองว่า ช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือปรับปรุงข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้มีข้อเน้นย้ำเช่นเดียวกับขั้นวางแผน นั่นคือ ครูต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผนการสำรอง |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรที่ 1 | วงจรที่ 2 | วงจรที่ 3 | |
| ขั้นปรับโครงสร้าง | นักเรียนทุกกลุ่มควรเริ่มสร้างแบบจำลองพร้อมกันเพื่อลดความวุ่นวาย | ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาการทดสอบแบบจำลอง และหากอุปกรณ์บางชนิดมากเกินไป ควรเลือกอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อประหยัดเวลาการดำเนินกิจกรรม อีกทั้งควรขยายเวลาการสร้างแบบจำลอง | การกำหนดเวลาและอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง จะช่วยส่งเสริมการวางแผนของนักเรียนได้มาก และเป็นกิจกรรมการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี แต่ต้องควรควบคุมชั้นเรียนให้ดีขณะนักเรียนสร้างแบบจำลอง | ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองสร้างแบบจำลองทั้ง 2 แบบ และเลือกว่าต้องการสร้างแบบจำลองตามแผนการหลักหรือแผนการสำรอง พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกว่าทำไมจึงเลือกแผนการนี้ เมื่อนักเรียนเลือกแบบจำลองที่ต้องการสร้างแล้ว ครูต้องให้อิสระกับนักเรียนในการสร้างแบบจำลองแบบสมบูรณ์ด้วยตนเอง โดยครูต้องแบ่งเวลาการสร้างแบบจำลองให้เหมาะสม |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | ข้อควรปรับปรุง | | | แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
|---|---|---|---|---|
| | วงจรที่ 1 | วงจรที่ 2 | วงจรที่ 3 | |
| ขั้นประเมิน | ผู้วิจัยควรให้นักเรียนนำเสนอผลงานของนักเรียนหน้าชั้นเรียนเพื่อให้เพื่อนๆ ได้แสดงความคิดเห็น และผู้วิจัยจะได้ประเมินแบบจำลองได้ง่ายขึ้น | การนำเสนอผลงานควรนำเสนอเป็นคลิปวิดีโอ เพราะนักเรียนจะเห็นการเคลื่อนที่ที่ชัดเจน และควรเลือกกลุ่มนักเรียนที่มีผลการประเมินสูงสุดมานำเสนอเพื่อเป็นตัวอย่างให้กลุ่มอื่น | ผู้วิจัยได้ทำการประเมินทีละกลุ่ม ซึ่งจะได้สังเกตการอธิบายและการนำเสนอผลที่สะท้อนถึงความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี | ครูและนักเรียนควรร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มต้องมีโอกาสได้นำเสนอผลงานของตนเอง ซึ่งนักเรียนจะนำเสนอผลงานก่อนประเมินหรือหลังประเมินก็ได้ อย่างไรก็ตามครูต้องสรุปกิจกรรมและความรู้ที่นักเรียนได้รับให้นักเรียนฟังอีกครั้ง เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนและเสริมความรู้ที่ขาดนักเรียน |

**ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน**

ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจาก 5 พฤติกรรม ได้แก่ การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม และการนำวิธี การแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา ซึ่งทั้ง 5 พฤติกรรมแบ่งเกณฑ์การตรวจให้คะแนนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 0 คะแนน 1 คะแนน และ 2 คะแนน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 8

**ตาราง 8 แสดงเกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

| พฤติกรรม | เกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ | |
|---|---|---|
| การกำหนดปัญหา คือ การยอมรับและอธิบายได้ว่าอะไรคือปัญหาและอะไร คือความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์ | ระดับ 2 คะแนน | สามารถอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหาได้ |
| | ระดับ 1 คะแนน | สามารถอธิบายปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ไม่สามารถอธิบายความสำคัญของปัญหาได้ |
| | ระดับ 0 คะแนน | ไม่สามารถอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหาได้ |
| ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา คือ การอธิบายสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้อง โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล | ระดับ 2 คะแนน | สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้อย่างครบถ้วน และใช้ความรู้ เรื่อง งานและพลังงาน อธิบายเหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหา |
| | ระดับ 1 คะแนน | สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้ไม่ครบถ้วน แต่ใช้ความรู้ เรื่องงานและพลังงาน อธิบายเหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหา |
| | ระดับ 0 คะแนน | ไม่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้อย่างครบถ้วนและไม่ใช้ความรู้ เรื่องงานและพลังงานในการอธิบายเหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหา |

**ตาราง 8 (ต่อ)**

| พฤติกรรม | เกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ | |
|---|---|---|
| เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา คือ นักเรียนจะต้องสามารถการอธิบาย บรรยาย หรือวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กำลัง และเครื่องกล มาเป็นพื้นฐานในการเสนอวิธีแก้ปัญหา | ระดับ 2 คะแนน | สามารถอธิบายและวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องและครบถ้วนตามสาเหตุของปัญหา โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน |
| | ระดับ 1 คะแนน | สามารถอธิบายและวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน แต่ไม่ครบถ้วนตามปัญหาของสถานการณ์ |
| | ระดับ 0 คะแนน | ไม่สามารถอธิบายและวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุและไม่ครบถ้วนตามสาเหตุของปัญหาได้ |
| เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม คือ นักเรียนสามารถพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์มากที่สุดได้ | ระดับ 2 คะแนน | สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ |
| | ระดับ 1 คะแนน | สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือกได้ |
| | ระดับ 0 คะแนน | ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ |
| การนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา คือ การนำวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมาปฏิบัติ หรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้นหลังการนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดไปปฏิบัติ | ระดับ 2 คะแนน | สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก และเป็นไปตามเงื่อนไขของการแข่งขันทุกประการ หรือทำนายผลการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหา |
| | ระดับ 1 คะแนน | สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขการแข่งขันเพียงบางข้อ หรือทำนายผลการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหา แต่ไม่ครบถ้วน |
| | ระดับ 0 คะแนน | ไม่สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาได้ หรือไม่สามารถทำนายผลการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับปัญหาได้ |

**1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา**

ผู้วิจัยต้องการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อให้ทราบแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยกำหนดเวลาการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2558 แต่เกิดความล่าช้าจากการตรวจสอบและปรับแก้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงดำเนินการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2558 ซึ่งแตกต่างจากที่วางแผนไว้

ผลวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่าก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 21.62 คะแนนจากคะแนนเต็ม 50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 43.25 รายละเอียดของคะแนนแสดงดังตาราง 9

**ตาราง 9 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา**

| นักเรียน | พฤติกรรม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
| 1 | 5 | 5 | 6 | 6 | 3 |
| 2 | 4 | 3 | 5 | 6 | 3 |
| 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 6 |

ตาราง 9 (ต่อ)

| นักเรียน | พฤติกรรม การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 3 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 7 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 8 | 2 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| 9 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 |
| 10 | 4 | 2 | 6 | 4 | 3 |
| 11 | 2 | 3 | 5 | 5 | 1 |
| 12 | 4 | 4 | 6 | 4 | 5 |
| 13 | 3 | 4 | 3 | 6 | 2 |
| 14 | 5 | 6 | 7 | 6 | 4 |
| 15 | 6 | 5 | 8 | 3 | 5 |
| 16 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| 17 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 18 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| 19 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| 20 | 5 | 4 | 7 | 6 | 3 |
| 21 | 3 | 1 | 4 | 2 | 5 |
| 22 | 5 | 4 | 6 | 5 | 5 |
| 23 | 6 | 5 | 7 | 6 | 4 |
| 24 | 3 | 3 | 6 | 5 | 3 |
| 25 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 26 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 27 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 |

ตาราง 9 (ต่อ)

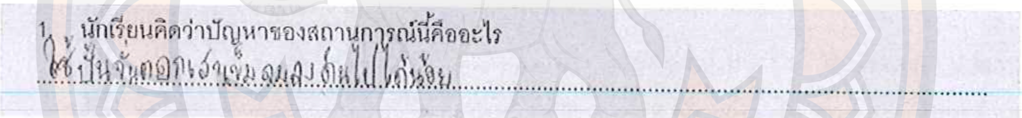
| นักเรียน | พฤติกรรม การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 5 | 4 | 6 | 6 | 3 |
| 29 | 4 | 4 | 6 | 5 | 4 |
| 30 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 31 | 4 | 4 | 6 | 7 | 3 |
| 32 | 6 | 5 | 7 | 5 | 4 |
| 33 | 5 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| 34 | 4 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| 35 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 |
| 36 | 5 | 4 | 6 | 7 | 4 |
| 37 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 38 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 39 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 40 | 6 | 6 | 8 | 5 | 3 |
| $\bar{x}$ | 4.30 | 4.025 | 5.25 | 4.55 | 3.525 |

จากตาราง 9 จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้มากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 เนื่องจากนักเรียนพยายามเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้ได้ครบถ้วนทั้ง 2 ข้อ ในขณะที่พฤติกรรมอื่น นักเรียนมักจะอธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องหรืออธิบายได้ไม่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนได้คะแนนมากกว่าพฤติกรรมอื่น ส่วนพฤติกรรมการเลือกวิธีการปฏิบัติเหมาะสมเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถแสดงได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา เพราะทั้งสองพฤติกรรมมีความต่อเนื่องกัน แต่นักเรียนหลายคนยังเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมไม่ได้ จึงมีคะแนนการเลือกวิธีการปฏิบัติเหมาะสมน้อยกว่าการเสนอวิธีการ

ปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา ในขณะที่พฤติกรรมการกำหนดปัญหาและพฤติกรรมการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหามีค่าเฉลี่ยของคะแนนต่ำลงมาตามลำดับ แต่พฤติกรรมนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ทำนายผลไม่ตรงตามปัญหาของสถานการณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**การกำหนดปัญหา**

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่สามารถอธิบายปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนนมีเพียงร้อยละ 17.5 และนักเรียนที่สามารถอธิบายปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน มีจำนวนมากถึงร้อยละ 51.0 ส่วนนักเรียนที่อธิบายปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 31.5 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายปัญหา แต่ไม่สามารถอธิบายความสำคัญของปัญหาได้ ดังตัวอย่างในสถานการณ์ปั่นจั่นที่แสดงในภาพ 16 ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนอธิบายปัญหา นักเรียนอธิบายได้ว่า "ใช้ปั่นจั่นตอกเสาเข็มลงไปได้น้อย" แต่นักเรียนไม่อธิบายความสำคัญของปัญหาว่า "ทำให้การดำเนินการสร้างตึกเป็นไปอย่างล่าช้า"

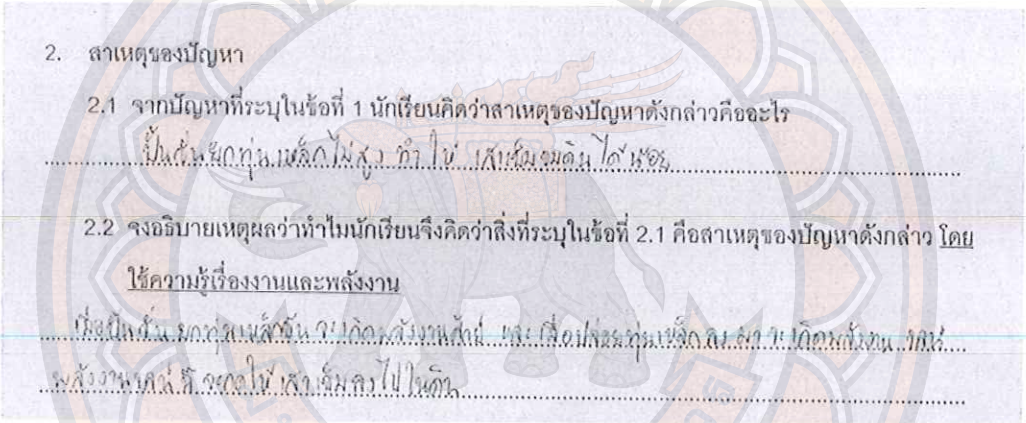

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
ใช้ปั่นจั่นตอกเสาเข็มลงไปได้น้อย

**ภาพ 16 แสดงการกำหนดปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา**

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนนมีเพียงร้อยละ 13.5 ส่วนนักเรียนที่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน มีจำนวนมากถึงร้อยละ 55.5 ในขณะที่นักเรียนที่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 31.0 จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถบอกสาเหตุของปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ เรื่องงานและพลังงาน แต่ไม่ครบถ้วน ตัวอย่างเช่นสถานการณ์ปั่นจั่นที่กำหนดให้นักเรียนอธิบายสาเหตุของปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนอย่างสอดคล้องกับปัญหาและครบถ้วนโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน ดังตัวอย่างคำตอบที่แสดงในภาพ 17 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ว่า "ปั้นจั่นยกทุ่นเหล็กไม่สูงทำให้เสาเข็มจมดินได้น้อย" และให้เหตุผลสนับสนุนว่า "เมื่อปั้นจั่นยกทุ่นเหล็กจะเกิดพลังงานศักย์และเมื่อปล่อยทุ่นเหล็กลงมาจะเกิด

พลังงานจลน์ พลังงานจลน์นี้จะกดให้เสาเข็มลงไปในดิน" แต่สาเหตุของนักเรียนไม่ครบถ้วน เพราะไม่ได้กล่าวถึงมวลของทุ่นเหล็กว่า "มวลของทุ่นเหล็กอาจจะน้อยเกินไป" เนื่องจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุด้วย และนักเรียนควรให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ว่า "เนื่องจากทุ่นเหล็กตกลงมาอย่างอิสระภายใต้สนามโน้มถ่วง สามารถใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการอธิบายได้ว่า เมื่อทุ่นเหล็กอยู่ที่จุดสูงสุดจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมอยู่ ซึ่งหาได้จากสมการ $E_k = mgh$ จะเห็นว่าขึ้นอยู่กับมวลและความสูงเทียบกับระดับอ้างอิง ดังนั้น ถ้าความสูงไม่มากพอ พลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมที่จุดสูงสุดไม่มากพอด้วย และหากมวลของทุ่นเหล็กมีน้อย พลังงานศักย์โน้มถ่วงก่อนปล่อยและพลังงานจลน์ที่จุดต่ำสุดขณะกระทบกับเสาเข็มก็จะมีค่าน้อยเช่นกัน" นักเรียนจึงไม่ได้คะแนนในส่วนนี้


2. สาเหตุของปัญหา

2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

ปั้นจั่นยกทุ่นเหล็กไม่สูง ทำให้ เสาเข็มจมดินได้น้อย

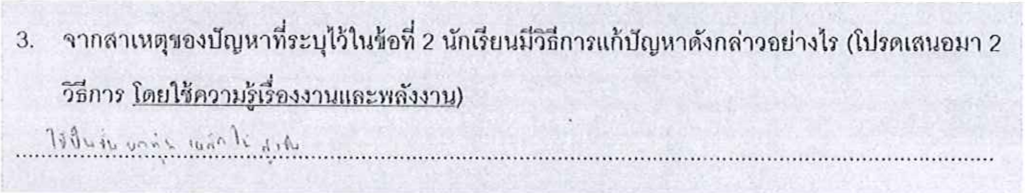
2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อที่ 2.1 คือสาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน

เมื่อปั้นจั่นยกทุ่นเหล็กขึ้นจะเกิดพลังงานศักย์ และเมื่อปล่อยทุ่นเหล็กลงมาจะเกิดพลังงานจลน์ พลังงานจลน์นี้จะกดให้เสาเข็มลงไปในดิน

**ภาพ 17 แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียน ในระดับ 1 คะแนน**

**การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา**

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน มีเพียงร้อยละ 22.0 ส่วนนักเรียนที่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.5 และนักเรียนที่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน มีจำนวนมากถึงร้อยละ 17.5 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายและวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน แต่ไม่ครบถ้วนตามปัญหาของสถานการณ์ ดังตัวอย่างที่แสดงในภาพ 18 นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาว่า "ใช้ปั้นจั่นยกทุ่นเหล็กให้สูงขึ้น" ซึ่งไม่ครบถ้วนตามคำสั่งที่ผู้วิจัยกำหนด นักเรียนต้องอธิบายสาเหตุของปัญหาเพิ่มอีกหนึ่งวิธี เช่น "เพิ่มมวลของทุ่นเหล็ก"

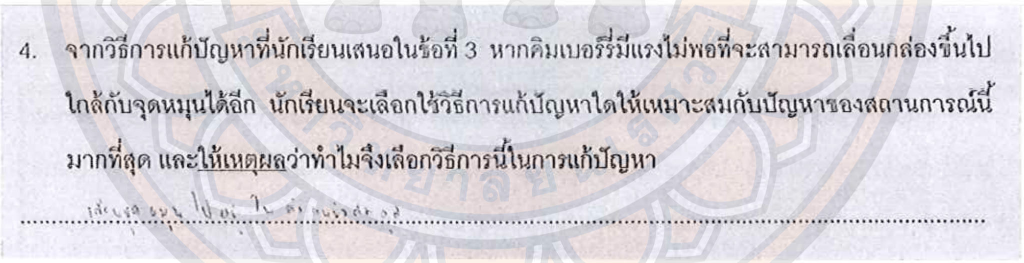

3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน)

..................................................................................................................

**ภาพ 18 แสดงการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม**

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน มีเพียงร้อยละ 19.5 ส่วนนักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.0 และนักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน มีจำนวนมากถึงร้อยละ 20.5 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก ดังตัวอย่างที่แสดงในภาพ 19 จะเห็นว่า นักเรียนเลือกวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาว่า "เลื่อนจุดหมุนไปอยู่ในตำแหน่งสมดุล" ซึ่งถูกต้องแต่นักเรียนไม่ได้ให้เหตุผลว่า "เพราะจะช่วยผ่อนแรงได้มากกว่า ทำให้คิมเบอร์รี่ไม่ต้องใช้แรงในการยกมาก"


4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากคิมเบอร์รี่มีแรงไม่พอที่จะสามารถเลื่อนกล่องขึ้นไปใกล้กับจุดหมุนได้อีก นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับปัญหาของสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา

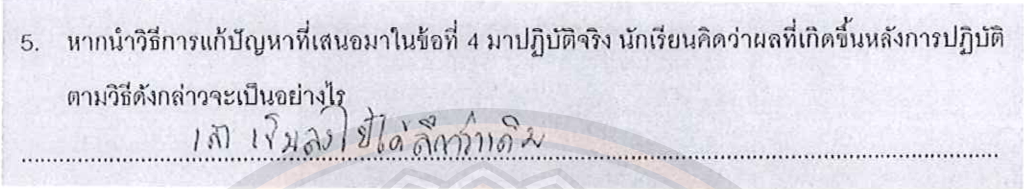
..................................................................................................................

**ภาพ 19 แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา**

แบบทดสอบนี้มุ่งเน้นวัดพฤติกรรมการทำนายผลการแก้ปัญหาเป็นหลัก ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ทำนายผลการแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน มีเพียงร้อยละ 16.0 ส่วนนักเรียนที่ทำนายผลการแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 44.5 และนักเรียนที่ทำนายผลการแก้ปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน มีจำนวนมากถึงร้อยละ 39.5 โดยนักเรียนส่วนมากสามารถทำนายผลการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหา แต่ไม่ครบถ้วน ดังแสดงในภาพ 20 จะเห็นว่า นักเรียนทำนายผลการแก้ปัญหา

ว่า "เสาเข็มลงไปได้ลึกกว่าเดิม" ซึ่งถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนตามปัญหาที่กำหนดไว้ว่า "ใช้ปั่นจั่นตอกเสาเข็มลงไปได้น้อย ทำให้การดำเนินการสร้างตึกเป็นไปอย่างล่าช้า" ดังนั้น การทำนายผลการแก้ปัญหาที่ถูกต้องควรอธิบายว่า "ทุ่นเหล็กจะสามารถตอกเสาเข็มจมลงไปได้มากขึ้น ทำให้การดำเนินการสร้างตึกรวดเร็วขึ้น"


5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

เสา เข็มลงไปได้ลึกกว่าเดิม

**ภาพ 20 แสดงการทำนายผลการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่**

ผู้วิจัยใช้แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รถไฟเหาะ ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ ในวันที่ 28-29 ธันวาคม พ.ศ. 2558 รวมทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลวิเคราะห์แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รถไฟเหาะ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 6 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.0 รายละเอียดคะแนนแสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่

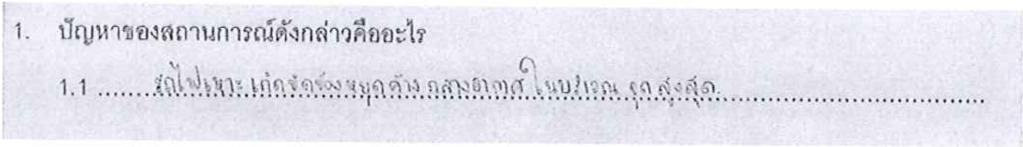
| นักเรียน | พฤติกรรม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| $\bar{x}$ | 0.875 | 1.0 | 1.375 | 1.25 | 1.5 |

จากตาราง จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้มากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมการกำหนดปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**กำหนดปัญหา**

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รถไฟเหาะ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถอธิบายปัญหาในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และนักเรียนที่สามารถอธิบายปัญหาในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 62.5 แต่นักเรียนที่สามารถอธิบายปัญหาในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 25 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ไม่สามารถอธิบายความสำคัญของปัญหาได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายปัญหาว่า

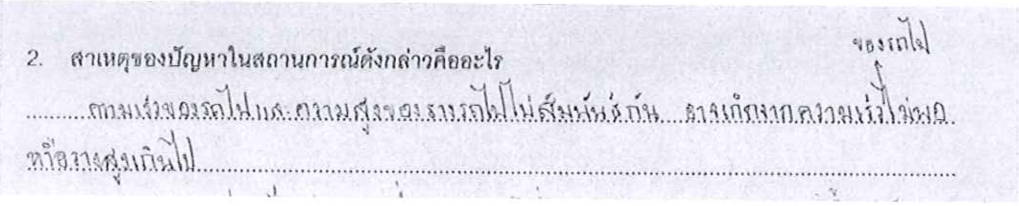
"รถไฟเหาะเกิดขัดข้องกลางอากาศในบริเวณจุดสูงสุด" แต่นักเรียนไม่อธิบายความสำคัญของปัญหาว่า "ทำให้สวนสนุกต้องเลื่อนเวลาการเปิดใช้งานออกไป" ดังแสดงดังภาพ 21




**ภาพ 21 แสดงการอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหาของนักเรียน ในระดับ 1 คะแนน**

**ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา**

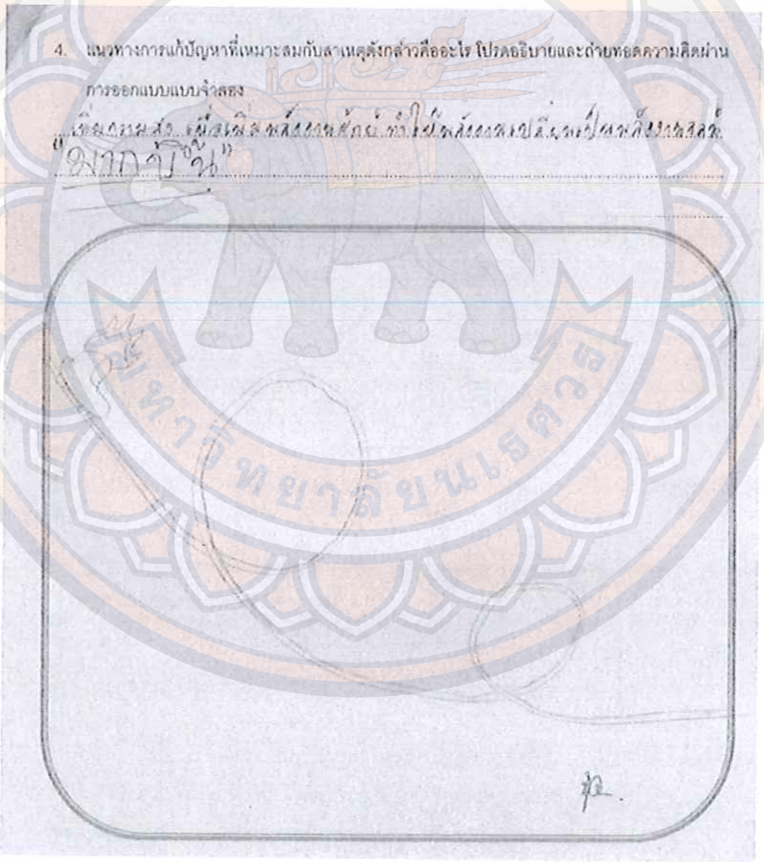
แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รถไฟเหาะ แสดงให้เห็นว่า ไม่มีนักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และนักเรียนร้อยละ 75 สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน ส่วนนักเรียนร้อยละ 12.5 ไม่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้ จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากก็ยังไม่แสดงให้เห็นถึงการนำความรู้ เรื่อง งานและพลังงาน มาอธิบายเหตุผลว่า ทำไมจึงคิดว่าสิ่งนั้น คือ สาเหตุของปัญหา ตัวอย่างเช่นนักเรียนอธิบายสาเหตุว่า "ความเร็วของรถไฟและความสูงของรางรถไฟไม่สัมพันธ์กัน อาจเกิดจากความเร็วของรถไฟไม่พอหรือรางอาจสูงเกินไป" ดังแสดงในภาพ 22 จะเห็นว่า คำตอบของนักเรียนยังไม่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของพลังงานกับการเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะ นักเรียนควรอธิบายว่า "ความสูงของจุดปล่อยไม่เพียงพอหรือวงตีลังกาสูงเกินไป เนื่องจากความเร็วของรถไฟเหาะได้มาจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่สะสมเมื่อเคลื่อนที่สูงขึ้น ฉะนั้น หากรถไฟเหาะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมอยู่น้อย เมื่อเคลื่อนที่พลังงานศักย์ดังกล่าวเปลี่ยนรูปมาเป็นพลังงานจลน์ได้ไม่เพียงพอต่อการเคลื่อนที่ครบวงรอบตีลังกา รถไฟเหาะจึงค้างขณะตีลังกา" แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนพยายามใช้ความรู้เดิมในการอธิบายสาเหตุของปัญหา




**ภาพ 22 แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียน ในระดับ 1 คะแนน**

**เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา**

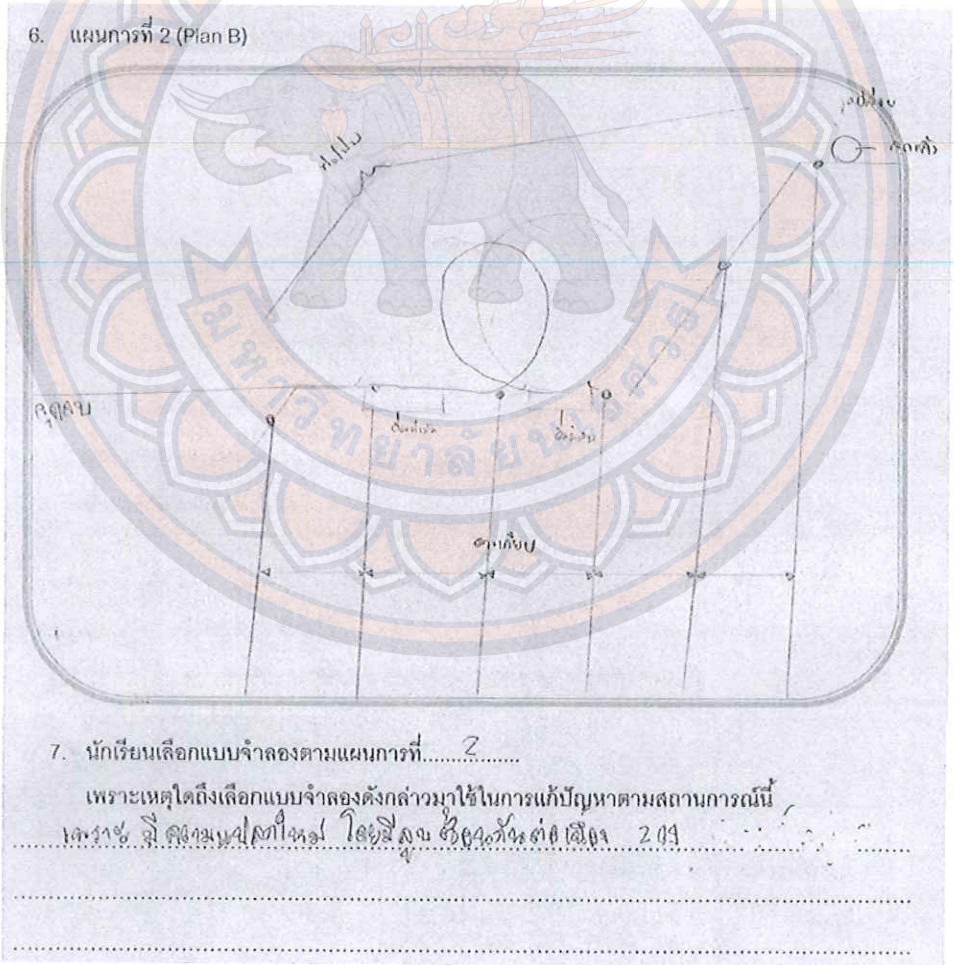
แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รถไฟเหาะ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 37.5 และนักเรียนที่สามารถเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 62.5 แต่ไม่มีนักเรียนที่สามารถเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุไว้ โดยใช้ความรู้เรื่อง งานและพลังงาน แต่ไม่ครบถ้วน ดังแสดงตัวอย่างในภาพ 23 จะเห็นว่า นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาว่า "เพิ่มความสูงเพื่อเพิ่มพลังงานศักย์ให้เป็นพลังงานจลน์มากขึ้น" แต่ขาดการเสนอว่า "วงตีลังกาต้องต่ำกว่าจุดปล่อยเพื่อให้มีพลังงานจลน์มากพอที่จะเคลื่อนที่ครบรอบ"




ภาพ 23 แสดงการเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน

**เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม**

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนร้อยละ 25.0 สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ในระดับ 2 คะแนน และนักเรียนร้อยละ 75.0 สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ในระดับ 1 คะแนน แต่ไม่มีนักเรียนที่ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาสมได้ จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม แต่ไม่ใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานในการให้เหตุผลสนับสนุนการเลือก กล่าวคือ นักเรียนไม่อธิบายว่าทำไมวิธีการที่เลือกมีความเหมาะสมมากกว่าอีกวิธีการหนึ่ง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนแสดงดังภาพ 24 จะเห็นว่านักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาตามแผนการที่ 2 โดยให้เหตุผลว่า "มีความแปลกใหม่ โดยมีลูปซ้อนกันต่อเนื่อง 2 ลูป" ซึ่งเหตุผลที่นักเรียนตอบไม่แสดงให้เห็นถึงการนำความรู้ เรื่องงานและพลังงาน มาประกอบการเลือก


6. แผนการที่ 2 (Plan B)

7. นักเรียนเลือกแบบจำลองตามแผนการที่.......2.......

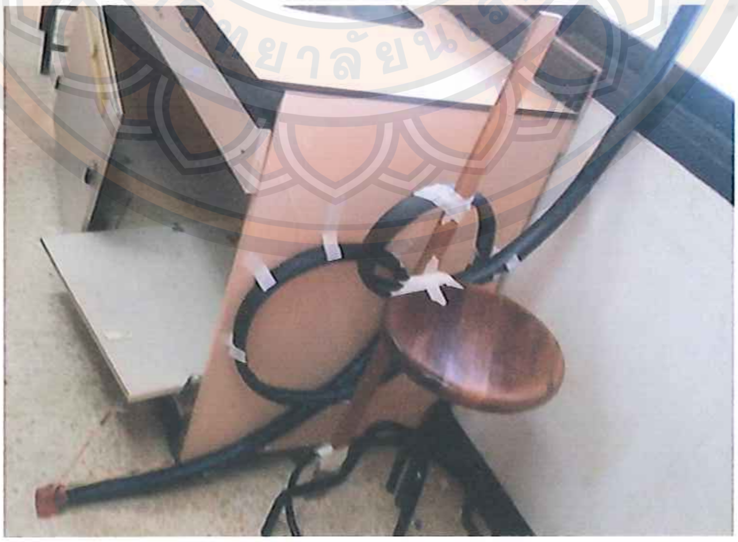
เพราะเหตุใดถึงเลือกแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์นี้

**ภาพ 24 แสดงการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา**

จากการประเมินแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มทำให้ทราบว่า นักเรียนร้อยละ 75.0 สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงได้และเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด นั่นคือ ลูกแก้วไม่หลุดออกจากรางขณะปล่อยให้เคลื่อนที่บนรางและรางต้องมีความแข็งแรงไม่ล้มขณะทดสอบ นักเรียนกลุ่มนี้จัดอยู่ในเกณฑ์ประเมินระดับ 2 คะแนน ตัวอย่างภาพชิ้นงานของนักเรียนแสดงดังภาพ 25 แต่นักเรียนร้อยละ 25.0 ไม่สามารถสร้างรถไฟเหาะตีลังกาภายในเวลาที่กำหนด จึงจัดอยู่ในกลุ่ม 0 คะแนน

ภาพ 25 แสดงตัวอย่างแบบจำลองรถไฟเหาะของนักเรียนกลุ่มที่ 1



ภาพ 26 แสดงตัวอย่างแบบจำลองรถไฟเหาะของนักเรียนกลุ่มที่ 2

**ภาพ 27 แสดงตัวอย่างแบบจำลองรถไฟเหาะของนักเรียนกลุ่มที่ 3**

**3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล**

ผู้วิจัยใช้แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง บันจี้จัมพ์ ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในวงจรการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล โดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล ในวันที่ 18-20 มกราคม พ.ศ. 2559 รวมทั้งหมด 6 ชั่วโมง

ผลวิเคราะห์แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 6.25 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 62.5 รายละเอียดของคะแนนแสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

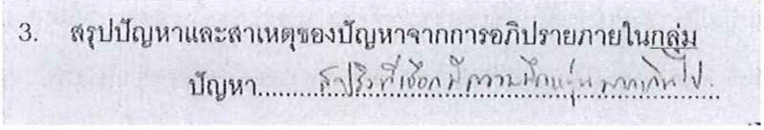
| นักเรียน | พฤติกรรม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 8 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| $\bar{x}$ | 1.0 | 1.125 | 1.375 | 1.5 | 1.25 |

จากตาราง 11 จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมได้มากที่สุด และพฤติกรรมการกำหนดปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**กำหนดปัญหา**

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง บันจี้จัมพ์ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่สามารถกำหนดปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.5 ส่วนนักเรียนที่สามารถกำหนดปัญหาของสถานการณ์ได้ในระดับ 1 คะแนน คิดร้อยละ 75.0 และนักเรียนที่กำหนดปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.5 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ไม่สามารถอธิบายความสำคัญของปัญหาได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนอธิบาย

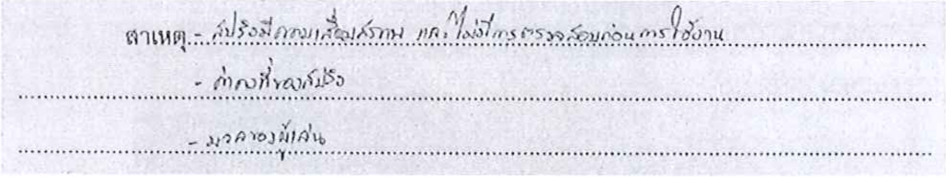
ปัญหาของสถานการณ์ว่า "สปริงที่เชือกมีความยืดหยุ่นมากเกินไป" แต่ไม่อธิบายความสำคัญของปัญหาว่า "ทำให้ผู้เล่นได้รับบาดเจ็บ" ดังแสดงในภาพ 26


3. สรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหาจากการอภิปรายภายในกลุ่ม
ปัญหา.......สปริงที่เชือกมีความยืดหยุ่นมากเกินไป.

**ภาพ 28 แสดงการกำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหาของนักเรียนระดับ 1 คะแนน**

**การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา**

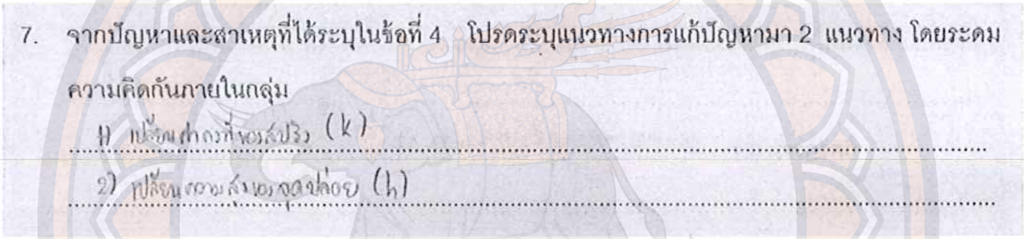
แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง บันจี้จัมพ์ แสดงให้เห็นว่า ไม่มีนักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้ในระดับที่ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และนักเรียนที่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน มีจำนวนมากถึงร้อยละ 65.5 แต่ไม่มีนักเรียนที่ไม่สามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้ จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถบอกสาเหตุของปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหาได้ แต่ไม่ใช้ความรู้ เรื่อง งานและพลังงาน ตัวอย่างเช่น ภาพ 27 จะเห็นว่า นักเรียนสามารถบอกได้เพียงว่า "สาเหตุของปัญหา คือ สปริงมีความเสื่อมสภาพและไม่มีการตรวจสอบก่อนการใช้งาน ค่าคงที่ของสปริง และมวลของผู้เล่น" แต่นักเรียนไม่อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร อีกทั้งไม่กล่าวถึงความสูงของสะพาน เนื่องจากความสูงของสะพานมีผลต่อการกระโดดบันจี้จัมพ์ด้วย ซึ่งนักเรียนควรอธิบายว่า "สปริงของเชือกกระโดดอาจมีค่าคงที่ของสปริง (k) น้อยเกินไป หรือความสูง (h) ของสะพานมากเกินไป หรือน้ำหนัก (W) ของผู้เล่นอาจจะมาก ส่งผลให้เชือกยืดออกมากตามไปด้วย และจากหมายเหตุที่กล่าวว่า การกระโดดบันจี้จัมพ์เป็นการตกอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เราสามารถใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการพิจารณาได้แสดงว่า ที่ตำแหน่งสูงสุดก่อนกระโดดจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นที่จุดต่ำสุดของการกระโดด $E_p = E_k$ จากสมการจะเห็นว่า ระยะยืดออกของสปริง (x) ขึ้นอยู่กับน้ำหนัก (W) ความสูง (h) และค่าคงที่ของสปริง (k)"


สาเหตุ - สปริงมีความเสื่อมสภาพ และไม่มีการตรวจสอบก่อนการใช้งาน
- ค่าคงที่ของสปริง
- มวลของผู้เล่น

**ภาพ 29 แสดงการบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา**

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้มากขึ้น โดยนักเรียนที่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาในระดับ 2 คะแนน เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 37.5 ในขณะที่นักเรียนที่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาในระดับ 1 คะแนน ยังคงเท่าเดิม คือ ร้อยละ 62.5 และไม่มีนักเรียนที่เสนอวิธีการแก้ปัญหาในระดับ 0 คะแนน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาในระดับ 1 คะแนน แสดงดังภาพ 28 จะเห็นว่า นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาไว้ทั้งหมด 2 วิธีว่า "เปลี่ยนค่าคงตัวของสปริงและเปลี่ยนความสูงของจุดปล่อย" ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องและครบถ้วนตามสาเหตุของปัญหา แต่นักเรียนไม่ได้ระบุอย่างชัดเจนว่า เปลี่ยนค่าคงตัวของสปริงและความสูงให้มากขึ้นหรือน้อยลง แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดการนำความรู้เรื่องงานและพลังงานมาใช้เสนอวิธีการแก้ปัญหา


7. จากปัญหาและสาเหตุที่ได้ระบุในข้อที่ 4 โปรดระบุแนวทางการแก้ปัญหามา 2 แนวทาง โดยระดมความคิดกันภายในกลุ่ม

1) เปลี่ยนค่าคงที่ของสปริง (k)

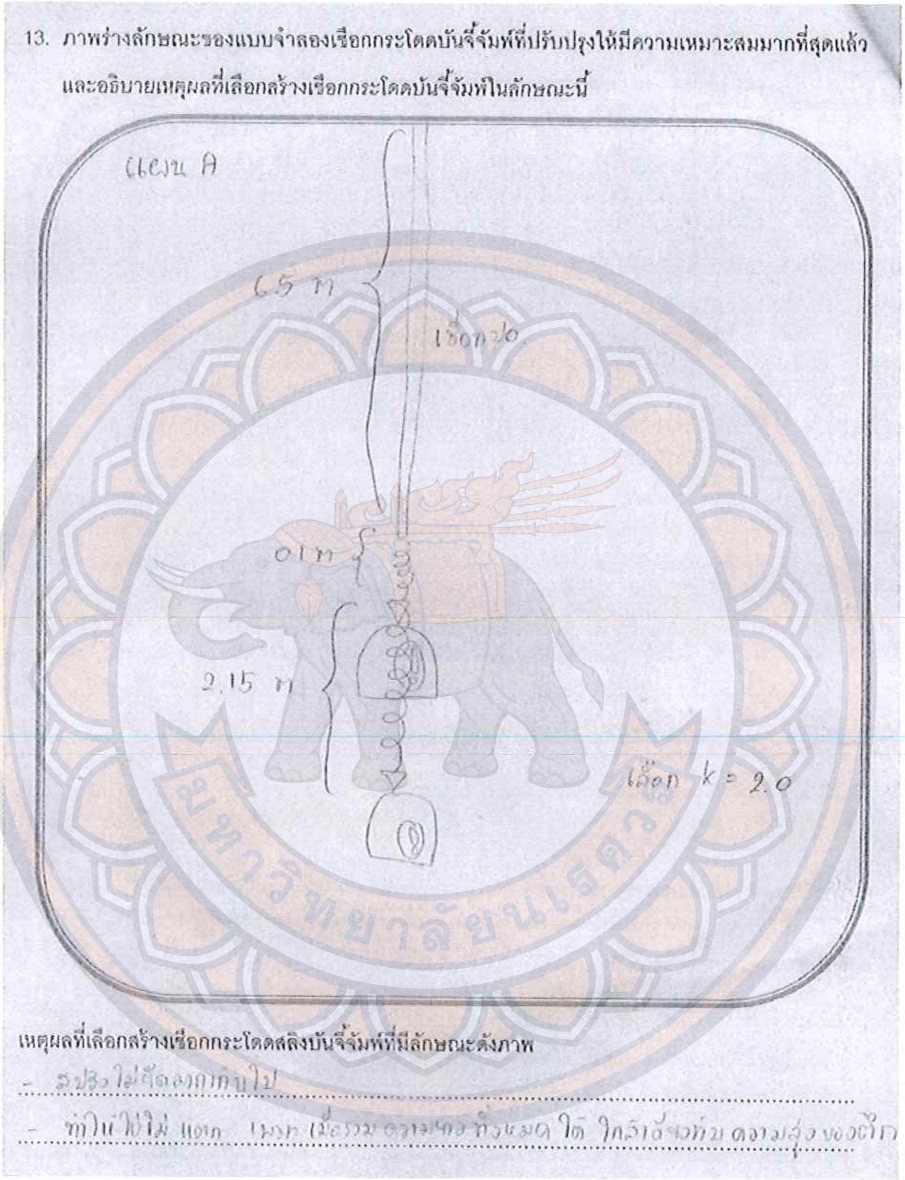
2) เปลี่ยนความสูงของจุดปล่อย (h)

**ภาพ 30 แสดงการเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม**

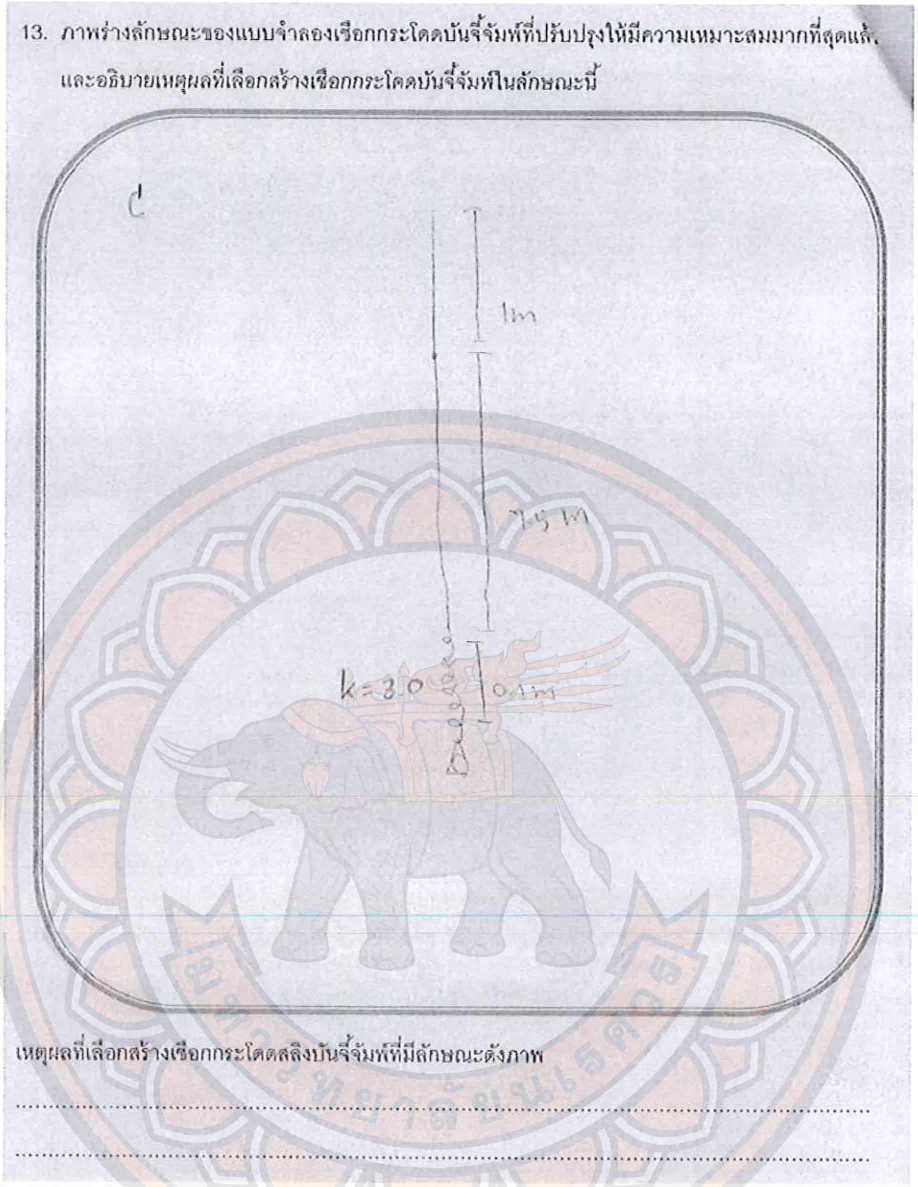
เมื่อนักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนจะต้องวางแผนเพื่อสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาของสถานการณ์ สำหรับวงจรนี้นักเรียนจะได้วางแผนการทั้งหมด 3 แผนการ และเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุด เมื่อวิเคราะห์แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง บันจี้จัมพ์ พบว่า นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการปฏิบัติได้ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 50.0 เพราะนักเรียนได้คำนวณหาความสูงของตึกจากกฎของไซน์ด้วยตัวนักเรียนเอง อีกทั้งนักเรียนได้คำนวณหาระยะยืดของสปริงแต่ละขนาดเพื่อประมาณความยาวของเชือกที่จะใช้ไว้ล่วงหน้า ซึ่งระยะยืดที่ได้จากการคำนวณของนักเรียนเป็นค่าที่ค่อนข้างแม่นยำ เพราะใช้สมการกฎการอนุรักษ์พลังงานในการคำนวณ ดังนั้น เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจนและให้เหตุผลได้อย่างถูกต้องตัวอย่างการวางแผนและเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนแสดงดังภาพ 29 นักเรียนเลือกแผนการ A ที่ใช้สปริงที่มีค่า k = 2.0 โดยวาดภาพประกอบการวางแผนอย่างละเอียด พร้อมใส่ระยะของวัตถุยืดและไม่ยืด และให้เหตุผลประกอบการเลือกว่า "วิธีการนี้เป็นวิธีการที่สปริง

ไม่ยืดออกมามาก ทำให้ไข่ไม่แตก เพราะเมื่อรวมความยาวทั้งหมดแล้วได้ค่าใกล้เคียงกับความสูงของตึก"




**ภาพ 31 แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน**

นักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการปฏิบัติได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 50.0 เพราะนักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือกได้ ดังตัวอย่างในภาพ 30 นักเรียนเลือกแผนการ C ที่ใช้สปริงที่มีค่า k เท่ากับ 3.0 แต่นักเรียนไม่ให้เหตุผลประกอบการเลือก


13. ภาพร่างลักษณะของแบบจำลองเชือกกระโดดบันจี้จัมพ์ที่ปรับปรุงให้มีความเหมาะสมมากที่สุดแล้ว และอธิบายเหตุผลที่เลือกสร้างเชือกกระโดดบันจี้จัมพ์ในลักษณะนี้



เหตุผลที่เลือกสร้างเชือกกระโดดสลิงบันจี้จัมพ์ที่มีลักษณะดังภาพ

..........................................................................................................................

..........................................................................................................................

**ภาพ 32 แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา**

จากการประเมินชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มทำให้ทราบว่า นักเรียนร้อยละ 62.5 สามารถนำวิธีการที่เหมาะสมมาปฏิบัติได้สอดคล้องกับปัญหาและเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด หรือจัดอยู่ในระดับ 2 คะแนน แต่นักเรียนร้อยละ 37.5 สามารถนำวิธีการที่เหมาะสมมาปฏิบัติได้แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดเพราะไข่ตกกระทบพื้น นั่นหมายความว่า นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองบันจี้จัมพ์เพื่อแก้ปัญหาให้ผู้เล่นกระโดดอย่างปลอดภัยได้

**ภาพ 33 แสดงตัวอย่างแบบจำลองบันจี้จัมพ์ของนักเรียนกลุ่มที่ 1**

**ภาพ 34 แสดงตัวอย่างแบบจำลองบันจี้จัมพ์ของนักเรียนกลุ่มที่ 2**

**4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย**

ผู้วิจัยใช้แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รอกอย่างง่าย ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในวงจรการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย โดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในวันที่ 1-2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 รวมทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ผลวิเคราะห์แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 8.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.0 รายละเอียดของคะแนนแสดงดังตาราง 12

**ตาราง 12 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย**

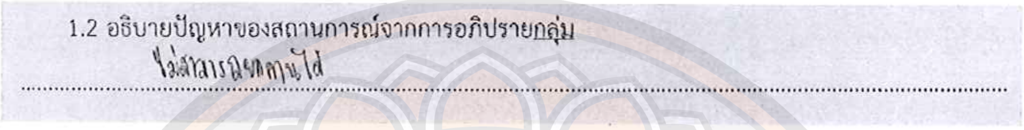
| นักเรียน | พฤติกรรม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 6 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 8 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| $\bar{x}$ | 1.25 | 1.625 | 2.0 | 1.875 | 1.75 |

จากตาราง 12 จะเห็นว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้มากที่สุด และพฤติกรรมการกำหนดปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**กำหนดปัญหา**

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รอกอย่างง่าย แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการกำหนดปัญหาของนักเรียนในวงจรนี้มีจำนวนเท่ากับวงจรที่ 2 ทั้ง 3 ระดับคะแนน

กล่าวคือ นักเรียนที่สามารถกำหนดปัญหาในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 37.5 และนักเรียนที่สามารถกำหนดปัญหาในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 50.0 นอกจากนี้ นักเรียนที่สามารถกำหนดปัญหาในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.5 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ไม่สามารถอธิบายความสำคัญของปัญหาได้ ดังตัวอย่างที่แสดงในภาพ 31 จะเห็นว่า นักเรียนอธิบายเพียงความสำคัญของปัญหาว่า "ไม่สามารถยกคานได้" แต่ไม่ได้อธิบายถึงปัญหาของสถานการณ์ว่า "รอกที่ใช้ไม่ผ่อนแรง"

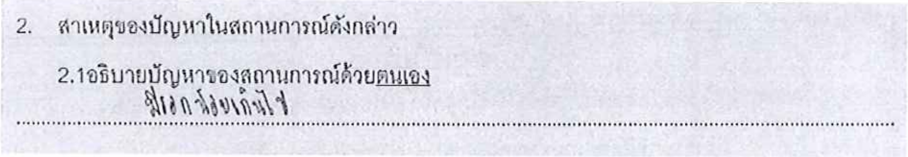

1.2 อธิบายปัญหาของสถานการณ์จากการอภิปรายกลุ่ม

ไม่สามารถยกคานได้

**ภาพ 35 แสดงการกำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหาของนักเรียนระดับ 1 คะแนน**

**การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา**

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รอกอย่างง่าย ทำให้ทราบว่า นักเรียนส่วนมากสามารถตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.0 และนักเรียนที่สามารถตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็น 25.0 แต่ไม่มีนักเรียนที่ตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนนเลย จะเห็นว่า นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาได้มากขึ้น โดยนักเรียนส่วนมากสามารถบอกสาเหตุของปัญหาได้อย่างครบถ้วน และใช้ความรู้ เรื่อง งานและพลังงาน อธิบายเหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน ในการระบุสาเหตุของปัญหาว่า "มีรอกน้อยเกินไป" ซึ่งถูกต้องเพราะจำนวนรอกมีผลต่อการผ่อนแรง แต่อย่างไรก็ตาม ชนิดของรอกก็มีผลต่อการผ่อนแรงด้วย ดังนั้น นักเรียนขาดการอธิบายว่า "รอกที่ลูกจ้างในสถานการณ์นำมาใช้เป็นรอกเดี่ยว ซึ่งผ่อนแรงได้น้อยกว่ารอกพวง" ดังแสดงในภาพ 32


2. สาเหตุของปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว

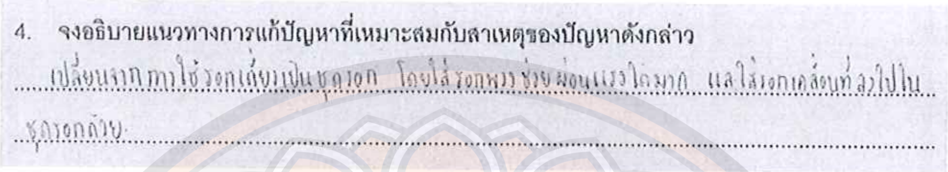
2.1อธิบายปัญหาของสถานการณ์ด้วยตนเอง

มีรอกน้อยเกินไป

**ภาพ 36 แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 1 คะแนน**

**การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา**

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง รอกอย่างง่าย พบว่า นักเรียนทั้งหมดสามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน ดังตัวอย่างที่นักเรียนเสนอว่า "เปลี่ยนจากการใช้รอกเดี่ยวเป็นชุดรอก โดยใส่รอกพวงเพราะรอกพวงช่วยผ่อนแรงได้มาก และใส่รอกเคลื่อนที่ลงไปในชุดรอกด้วย" ดังแสดงในภาพ 33


4. จงอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสาเหตุของปัญหาดังกล่าว

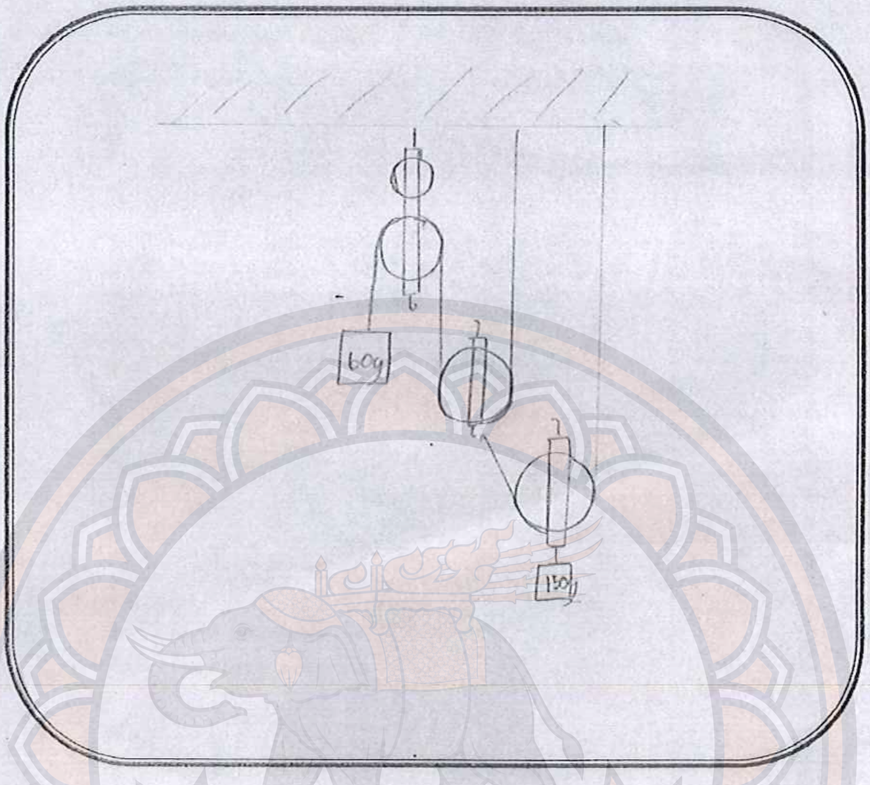
เปลี่ยนจากการใช้รอกเดี่ยวเป็นชุดรอก โดยใส่รอกพวงช่วยผ่อนแรงได้มาก และใส่รอกเคลื่อนที่ลงไปในชุดรอกด้วย

**ภาพ 37 แสดงการเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน**

**การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม**

เมื่อนักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนจะต้องวางแผนเพื่อสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาของสถานการณ์ สำหรับวงจรนี้นักเรียนจะได้วางแผนการทั้งหมด 2 แผนการ และเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุด เมื่อวิเคราะห์แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนเรื่องรอกอย่างง่ายพบว่า นักเรียนร้อยละ 87.5 สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ในระดับ 2 คะแนน และนักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.5 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนส่วนมากสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรืออยู่ในระดับ 2 คะแนน เพราะนักเรียนได้คำนวณหาแรงยกด้วยตัวนักเรียนเอง ซึ่งแรงยกที่ได้จากการคำนวณของนักเรียนเป็นค่าที่ค่อนข้างแม่นยำ เพราะใช้สมการหาค่าการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลในการคำนวณ ดังนั้นนักเรียนจึงเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจนและให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างที่แสดงในภาพ 34 จะเห็นว่า นักเรียนเลือกรูปแบบของรอกอย่างง่ายตามแผนการที่ 1 โดยนักเรียนวาดภาพร่างอธิบายโครงสร้างของรอกอย่างง่ายได้และให้เหตุผลโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานว่า "เนื่องจากแผนการที่ 1 ยกน้ำหนักได้มากกว่าจึงช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวกได้ดีกว่า ซึ่งจากที่คำนวณ W ของแผนการที่ 1 จะต้องมีค่าเท่ากับ 180 g แต่เมื่อปฏิบัติจริงยกน้ำหนักได้เพียง 150 g ซึ่งอาจเป็นเพราะแรงต้านและไม่สมดุล"

7. ภาพร่างลักษณะของแบบจำลองรอกที่นักเรียนเลือกแล้วว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด และอธิบายเหตุผลที่เลือกสร้างรถไฟเหาะในลักษณะนี้



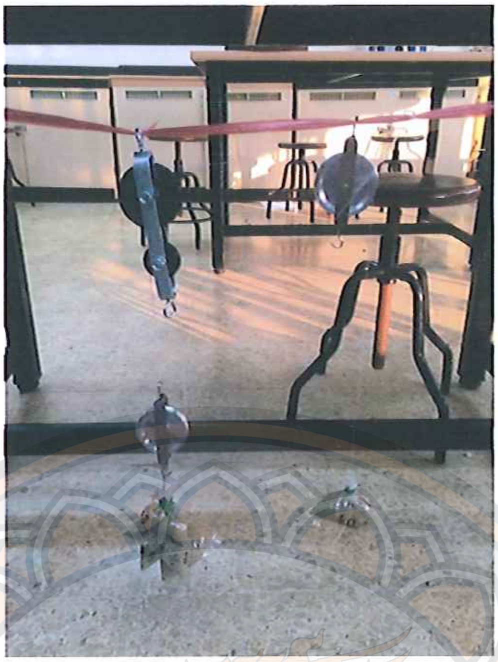

เหตุผลที่เลือกสร้างแบบจำลองรอกยกคานในลักษณะดังภาพ........................

เนื่องจาก แผนการที่ 1 ยกน้ำหนักได้มากกว่า แผนการที่ 2 เพราะ แผนการที่ 1 มีจำนวนเส้นเชือกมากกว่า จึงช่วยผ่อนแรง และอธิบายความสงสาร ได้ดีกว่า จากที่คำนวณ W ของแผนการที่ 1 แล้ว จะต้องมี W = 180 g แต่ที่ปฏิบัติจริงยกน้ำหนักได้เพียง 150 g ซึ่งอาจเป็นเพราะมีแรงต้านไม่สมดุล

**ภาพ 38 แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน**

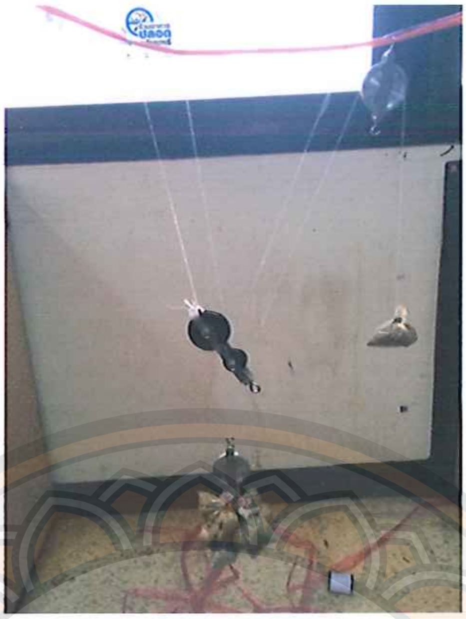
### การนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา

จากการประเมินชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มทำให้ทราบว่า นักเรียนร้อยละ 87.5 สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกมาปฏิบัติได้ในระดับ 2 คะแนน แต่นักเรียนร้อยละ 12.5 สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกมาปฏิบัติได้ในระดับ 0 คะแนน เพราะนักเรียนสร้างและปรับแก้แบบจำลองรอกอย่างง่ายไม่ทันตามเวลาที่กำหนด ตัวอย่างแบบจำลองแสดงในภาพ 35



ภาพ 39 แสดงตัวอย่างแบบจำลองรอกอย่างง่ายของนักเรียนกลุ่มที่ 1

ภาพ 40 แสดงตัวอย่างแบบจำลองรอกอย่างง่ายของนักเรียนกลุ่มที่ 2



**ภาพ 41 แสดงตัวอย่างแบบจำลองรอกอย่างง่ายของนักเรียนกลุ่มที่ 3**

**5. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา**

เมื่อผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาครบ 3 วงจรแล้ว ผู้วิจัยทำการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ทราบถึงการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ฉบับเดียวกับแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และกำหนดเวลาการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 แต่ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนในวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2559 เวลา 11.30 น.-12.20 น. ซึ่งแตกต่างจากที่ได้วางแผนไว้ เนื่องจากโรงเรียนกำหนดว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต้องเข้าร่วมกิจกรรมอำลารุ่นพี่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 จึงไม่สามารถทำการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้

ผลวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 42.075 คะแนนจากคะแนนเต็ม 50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.15 รายละเอียดของคะแนนแสดงดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

| นักเรียน | พฤติกรรม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
| 1 | 9 | 10 | 10 | 9 | 6 |
| 2 | 8 | 9 | 10 | 10 | 7 |
| 3 | 8 | 10 | 9 | 7 | 6 |
| 4 | 8 | 8 | 10 | 8 | 8 |
| 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| 7 | 8 | 7 | 10 | 9 | 8 |
| 8 | 10 | 8 | 10 | 9 | 9 |
| 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 10 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 |
| 11 | 7 | 9 | 10 | 10 | 8 |
| 12 | 7 | 7 | 10 | 9 | 6 |
| 13 | 8 | 9 | 10 | 10 | 6 |
| 14 | 7 | 8 | 10 | 9 | 7 |
| 15 | 8 | 8 | 9 | 8 | 7 |
| 16 | 8 | 8 | 9 | 8 | 7 |
| 17 | 8 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| 18 | 6 | 9 | 9 | 8 | 8 |
| 19 | 7 | 10 | 9 | 9 | 8 |
| 20 | 8 | 9 | 10 | 10 | 8 |
| 21 | 8 | 9 | 9 | 9 | 7 |
| 22 | 9 | 8 | 10 | 8 | 8 |

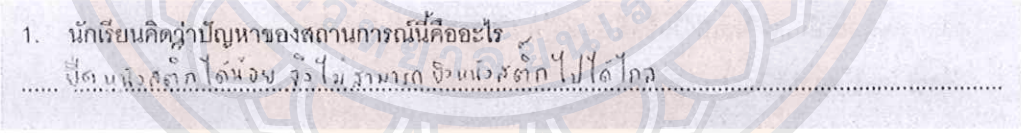
ตาราง 13 (ต่อ)

| นักเรียน | พฤติกรรม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | การกำหนดปัญหา (10) | การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา (10) | การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา (10) | การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม (10) | การนำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา (10) |
| 23 | 8 | 9 | 10 | 10 | 8 |
| 24 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 |
| 25 | 9 | 8 | 10 | 10 | 9 |
| 26 | 9 | 7 | 9 | 9 | 8 |
| 27 | 9 | 8 | 10 | 8 | 8 |
| 28 | 7 | 8 | 10 | 9 | 7 |
| 29 | 8 | 8 | 10 | 9 | 7 |
| 30 | 8 | 8 | 9 | 9 | 7 |
| 31 | 8 | 9 | 9 | 8 | 6 |
| 32 | 8 | 6 | 9 | 9 | 7 |
| 33 | 7 | 8 | 10 | 10 | 8 |
| 34 | 8 | 9 | 9 | 9 | 7 |
| 35 | 8 | 10 | 9 | 8 | 7 |
| 36 | 9 | 8 | 10 | 9 | 7 |
| 37 | 8 | 8 | 9 | 9 | 6 |
| 38 | 10 | 8 | 9 | 8 | 7 |
| 39 | 8 | 7 | 9 | 7 | 6 |
| 40 | 8 | 8 | 10 | 9 | 8 |
| $\bar{x}$ | 8.05 | 8.3 | 9.475 | 8.85 | 7.4 |

จากตาราง 13 จะเห็นว่า หลังจากได้รับการจัดเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหามากขึ้นในทุกพฤติกรรม ซึ่งพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเพิ่มจาก 5.225 คะแนน เป็น 9.475 คะแนน ส่วนพฤติกรรมการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้เป็นลำดับที่สอง มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 8.85 คะแนน ในขณะที่การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาและพฤติกรรมการกำหนดปัญหา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 8.3 คะแนน และ 8.05 คะแนน ตามลำดับ ส่วนพฤติกรรมการนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหายังคงเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 7.4 คะแนน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**การกำหนดปัญหา**

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่สามารถอธิบายปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน มีจำนวนมากถึงเพียงร้อยละ 66.5 และนักเรียนที่สามารถอธิบายปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 27.5 ส่วนนักเรียนที่อธิบายปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 6.0 จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหาได้ ดังตัวอย่างในสถานการณ์หนังสติ๊กที่แสดงในภาพ 36 ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหา ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า "ยืดหนังสติ๊กได้น้อย จึงไม่สามารถยิงหนังสติ๊กไปได้ไกล"

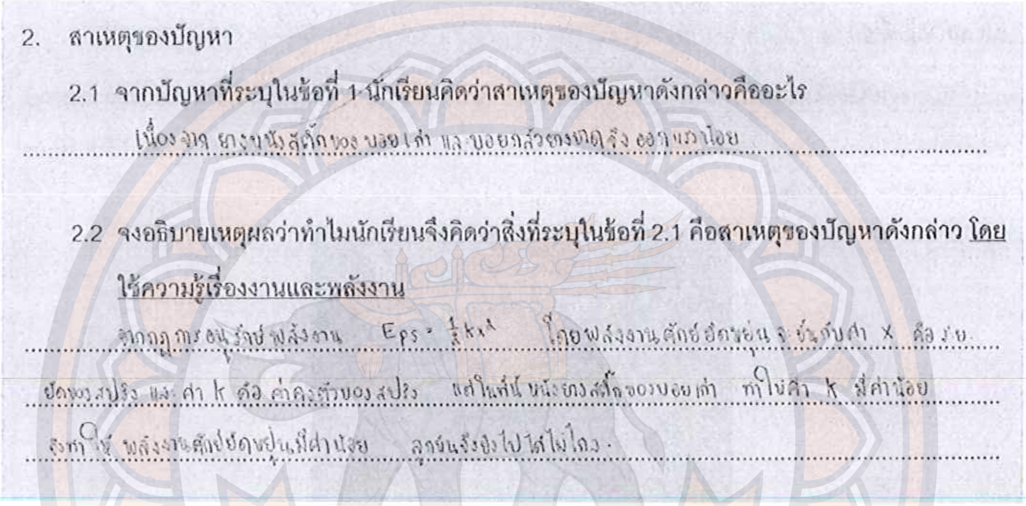

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
ยืดหนังสติ๊กได้น้อย จึงไม่สามารถยิงหนังสติ๊กไปได้ไกล

**ภาพ 42 แสดงการกำหนดปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน**

**การตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา**

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน มีจำนวนมากถึงร้อยละ 72.0 ส่วนนักเรียนที่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 22.0 ขณะที่นักเรียนที่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 6.0 จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถบอกสาเหตุของปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานได้ ตัวอย่างเช่น สถานการณ์หนังสติ๊กในภาพ 37 ที่กำหนดให้นักเรียน

อธิบายสาเหตุของปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนอย่างสอดคล้องกับปัญหาและครบถ้วนโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ว่า "เนื่องจากยางหนังสติ๊กของบอยเก่าและบอยกลัวยางขาดจึงออกแรงน้อย" และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนว่า "จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน $E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$ โดยพลังงานศักย์ยืดหยุ่นจะขึ้นกับค่า x คือ ระยะยืดของสปริง และค่า k คือ ค่าคงตัวของสปริง แต่ในที่นี้หนังยางของบอยเก่าทำให้ค่า k มีน้อย จึงทำให้พลังงานศักย์ยืดหยุ่นมีค่าน้อย ลูกหินจึงยิงไปได้ไม่ไกล"


2. สาเหตุของปัญหา

2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

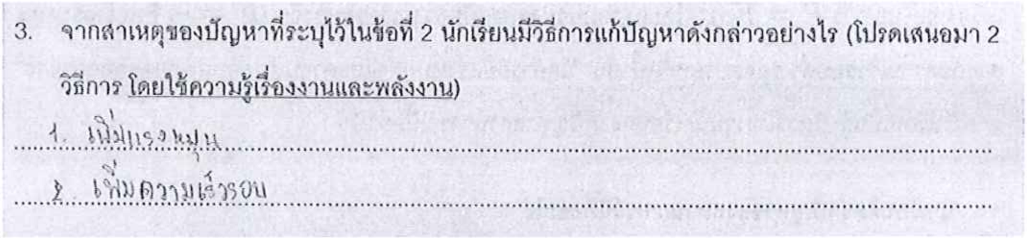
2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อที่ 2.1 คือสาเหตุของปัญหาดังกล่าว <u>โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน</u>

**ภาพ 43 แสดงการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน**

### การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน มีจำนวนมาถึงร้อยละ 90.0 ส่วนนักเรียนที่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 10.0 และไม่มีนักเรียนที่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายและวาดภาพวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน และครบถ้วนตามปัญหาของสถานการณ์ ดังตัวอย่างเช่น สถานการณ์กำลังของเครื่องยนต์กำหนดให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหา 2 วิธีการ ซึ่งปัญหาของสถานการณ์นี้ คือ "เครื่องยนต์มีแรงหมุนจำกัดและไม่สามารถนำไปประกอบรถยนต์ตามความต้องการของลูกค้าได้"

จากภาพ 38 จะเห็นว่า นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ครบ 2 วิธีว่า "เพิ่มแรงหมุนหรือเพิ่มความเร็วรอบ"


3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน)

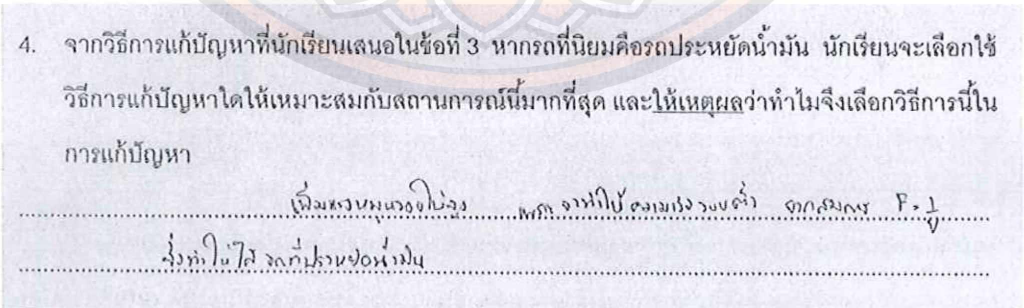
1. เพิ่มแรงหมุน

2. เพิ่มความเร็วรอบ

ภาพ 44 แสดงการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน

**การเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม**

เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน มีมากถึงร้อยละ 82.0 ส่วนนักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 18.5 และนักเรียนที่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 2.0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และแสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือก ดังตัวอย่างที่แสดงในภาพ 39 ในสถานการณ์กำลังของเครื่องยนต์กำหนดให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่จะทำให้รถประหยัดน้ำมัน พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือก ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาและให้เหตุผลได้ว่า "เพิ่มแรงหมุนให้สูง เพราะจะทำให้ความเร็วรอบต่ำ จากสมการ $F = \frac{1}{v}$ ซึ่งทำให้รถประหยัดน้ำมัน"


4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากรถที่นิยมคือรถประหยัดน้ำมัน นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา

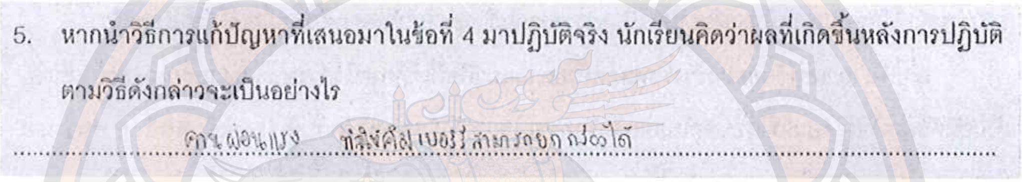
เพิ่มแรงหมุนรองให้สูง เพราะจะทำให้ความเร็วรอบต่ำ จากสมการ $F = \frac{1}{v}$

ซึ่งทำให้ได้รถที่ประหยัดน้ำมัน

ภาพ 45 แสดงการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน

**การนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหา**

แบบทดสอบนี้มุ่งเน้นวัดพฤติกรรมการทำนายผลการแก้ปัญหาเป็นหลัก ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ทำนายผลการแก้ปัญหาได้ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 57.0 ซึ่งใกล้เคียงกับนักเรียนที่ทำนายผลการแก้ปัญหาได้ในระดับ 1 คะแนน เพราะคิดเป็นร้อยละ 33.0 และนักเรียนที่ทำนายผลการแก้ปัญหาได้ในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 7.0 จะเห็นว่า นักเรียนส่วนมากสามารถทำนายผลการแก้ปัญหาได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับปัญหา ดังตัวอย่างในสถานการณ์คานยกกล่องในภาพ 40 จะเห็นว่า นักเรียนทำนายผลการแก้ปัญหาว่า “คานผ่อนแรง ทำให้คิมเบอร์รี่สามารถยกกล่องได้“ ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาของสถานการณ์ที่ว่า “คานไม่ผ่อนแรง คิมเบอร์รี่จึงยกกล่องไม่ได้”


5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

คาน ผ่อนแรง ทำให้คิม เบอร์รี่ สามารถยก กล่องได้

ภาพ 46 แสดงการทำนายผลการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 2 คะแนน

**6. สรุปการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน**

ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษานักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60.0 และเมื่อจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 63.75 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจนในระหว่างจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย นั่นคือ คิดเป็นร้อยละ 85.0 และเมื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 84.15 ซึ่งใกล้เคียงกับระหว่างจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

# บทที่ 5

# บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน และศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลักษณะของวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน หลังจากดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

**สรุปผลการวิจัย**

**1. การศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน**

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ครูควรแสดงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันและมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงานที่สามารถบูรณาการความรู้กับสาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสถานการณ์นั้นต้องมีความเหมาะสมกับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สอดคล้องกับพื้นฐานของผู้เรียน และไม่ไกลตัวนักเรียนจนเกินไป หลังจากนั้นครูควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน เช่น "จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้คืออะไร" เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกกำหนดปัญหาด้วยตนเอง โดยครูจะต้องไม่บอกแนวทางหรือเฉลยคำตอบที่ถูกต้องก่อน นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำผลการกำหนดปัญหาของตนเองมาอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดและสรุปปัญหาของสถานการณ์ของแต่ละกลุ่ม เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจ้งปัญหา ครูควรใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนที่ต่อเนื่องจากขั้นที่ 1 เช่น "จากปัญหาที่นักเรียนระบุ นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาคืออะไร" เพื่อให้นักเรียน แต่ละคนอธิบายสาเหตุของปัญหาด้วยตนเอง หลังจากนั้นครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำผลการอธิบายสาเหตุมาอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อระบุองค์ประกอบของปัญหาและสรุปสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงาน เมื่อนักเรียน

ทุกกลุ่มสรุปสาเหตุเรียบร้อยแล้ว ครูควรนำผลการอธิบายปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 1 และผลการสรุปสาเหตุที่ได้จากขั้นที่ 2 ของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาแสดงให้นักเรียนทุกคนในห้องได้เห็นอย่างชัดเจน พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายว่า ปัญหาและสาเหตุใดใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงานมาอธิบายได้อย่างถูกต้อง จากนั้นนักเรียนทุกคนต้องมีโอกาสได้ทบทวนความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องทั้งในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และสรุปความรู้เหล่านั้นเป็นความเข้าใจของตนเอง แล้วนำมาระดมความคิดกันเพื่อเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน ครูต้องเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ทางเทคโนโลยี แต่อย่างไรก็ตามครูต้องจำกัดจำนวนอุปกรณ์ เพราะการจำกัดจำนวนอุปกรณ์ช่วยลดการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนต้องวางแผนการสร้างที่แม่นยำเสียก่อนเพื่อไม่ให้เสียอุปกรณ์ไปอย่างฟุ่มเฟือย ซึ่งในขณะจัดการเรียนรู้ครูต้องแสดงอุปกรณ์ที่นักเรียนจะได้นำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน พร้อมทั้งอธิบายกติกา เงื่อนไขการสร้าง และเกณฑ์การประเมินแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนทราบว่าควรประดิษฐ์แบบจำลองอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด นอกจากนี้ครูต้องอธิบายให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนว่าเป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนทราบแนวทางการสร้างแบบจำลองและไม่ต้องใช้เวลาสร้างนาน ดังนั้นครูจำต้องตรวจสอบว่านักเรียนทุกกลุ่มใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการวางแผนการก่อนสร้างแบบจำลองหรือไม่ หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะระดมความคิดกันเพื่อวางแผนการสร้างแบบจำลอง ข้อเน้นย้ำของการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้คือครูต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผน เช่น การวางแผนสร้างบันจี้จัมพ์ นักเรียนจะได้ออกแบบบันจี้จัมพ์และคำนวณหาระยะยืดของสปริงโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน หากนักเรียนคำนวณหาระยะยืดไม่ได้จะส่งผลให้นักเรียนเลือกความยาวของเชือกและอุปกรณ์อื่นผิดพลาดด้วย จะเห็นว่าหลักการทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผน เพื่อให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง ครูต้องเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแผนการสำรองว่า แผนการสำรองช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือปรับปรุงข้อผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว เพราะนักเรียนไม่ต้องวางแผนการใหม่ เพียงแค่นำแผนการสำรองมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม เมื่อครูเน้นย้ำความสำคัญของแผนการสำรองแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะระดมความคิดกันเพื่ออธิบายแผนการสำรอง การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้มีข้อเน้นย้ำเช่นเดียวกับขั้นวางแผน นั่นคือครูต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการวางแผนการสำรอง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มจะส่งตัวแทนมารับอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองสร้างแบบจำลองทั้ง 2 แบบ จากนั้น นักเรียนจะเลือกว่าต้องการสร้างแบบจำลองในลักษณะใด พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกว่าทำไมจึงเลือกสร้างแบบจำลองในลักษณะนี้ เมื่อนักเรียนเลือกแบบจำลองที่ต้องการสร้างแล้ว ครูต้องให้อิสระกับนักเรียนในการสร้างแบบจำลองแบบสมบูรณ์ด้วยตนเอง เนื่องด้วยกิจกรรมการสร้างแบบจำลองเป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา ฉะนั้นครูควรแบ่งเวลาการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ให้มากกว่าขั้นอื่นๆ หรือประมาณ 1 ชั่วโมง เพราะนักเรียนต้องมีเวลามากพอในการสร้าง ทดสอบ และเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงเป็นช่วงที่เหมาะสมที่ช่วยลดการลองผิดลองถูกของนักเรียนได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน ครูและนักเรียนควรร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มต้องมีโอกาสได้นำเสนอผลงานของตนเอง ซึ่งนักเรียนจะนำเสนอผลงานก่อนประเมินหรือหลังประเมินก็ได้ ตัวอย่างเช่นนักเรียนได้ประเมินแบบจำลองบันจี้จัมพ์ก่อน ในขณะประเมินนักเรียนได้บันทึกผลการประเมิน เพื่อนำมาประกอบการนำเสนอผลงาน โดยนักเรียนต้องอธิบายความรู้ที่นำมาใช้และได้รับจากการเรียนรู้ด้วย อย่างไรก็ตามครูต้องสรุปกิจกรรมและความรู้ที่นักเรียนได้รับให้นักเรียนฟังอีกครั้ง เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนและเสริมความรู้ที่ขาดนักเรียน

**2. การศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน**

ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 21.625 คะแนนจากคะแนนเต็ม 50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 43.25 โดยนักเรียนส่วนมากทำคะแนนในส่วนของพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้มากที่สุด เพราะนักเรียนสามารถนำความรู้ เรื่องงานและพลังงานมาเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ครบทั้ง 2 ข้อ แต่พฤติกรรมนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนทำนายผลไม่ตรงตามปัญหาของสถานการณ์

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.0 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.0 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหาได้มากที่สุด เพราะนักเรียนทุกกลุ่มสามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาปฏิบัติจริงได้และเป็นไปตาม

เงื่อนไขการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยกำหนด ในขณะที่พฤติกรรมการกำหนดปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนส่วนมากแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนสามารถอธิบายปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ไม่อธิบายความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.375 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 63.75 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมได้มากที่สุด เพราะนักเรียนส่วนมากสามารถเลือกวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุ พร้อมให้เหตุผลการเลือกที่ชัดเจน แต่พฤติกรรมการกำหนดปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนยังคงแสดงออกได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนสามารถอธิบายปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ไม่อธิบายความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.5 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.0 โดยนักเรียนส่วนมากแสดงพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้มากที่สุด เพราะนักเรียนสามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาถูกต้องและครบถ้วนตามปัญหาของสถานการณ์ และคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงการนำความรู้เรื่องงานและพลังงานมาเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา แต่นักเรียนกำหนดปัญหาของสถานการณ์ได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนอธิบายความสำคัญของปัญหาได้ แต่ไม่สามารถอธิบายปัญหาทางวิทยาศาสตร์

หลังดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 42.075 คะแนนจากคะแนนเต็ม 50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.15 โดยนักเรียนส่วนมากทำคะแนนในส่วนพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้มากที่สุด เพราะนักเรียนส่วนมากสามารถเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานได้ครบทั้งสองวิธีการ แต่การนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริงหรือทำนายผลการแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนทำคะแนนได้น้อยที่สุด เพราะถึงแม้นักเรียนส่วนมากจะทำนายผลการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาที่อธิบายไว้ แต่การทำนายผลของนักเรียนยังไม่ครบถ้วนทั้งหมด

**อภิปรายผล**

**1. การศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน**

การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน หลังจากการศึกษาพบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน มีรายละเอียดมากมาย ซึ่งสามารถอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

สถานการณ์ที่นำมาใช้ในการจัดเรียนรู้ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสถานการณ์การเรียนรู้ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและทำให้นักเรียนทราบถึงปัญหาได้อย่างชัดเจน ในขั้นยืนยันปัญหาผู้วิจัยจึงเลือกสถานการณ์ที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระและพื้นฐานความรู้ของนักเรียน นักเรียนจะได้กำหนดปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้ อีกทั้งสถานการณ์นั้นต้องเป็นปัญหาที่มีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย สอดคล้องกับที่ สายหยุด สมประสงค์ (2523 อ้างอิงใน พรรณพร นามโนรินทร์, 2554, หน้า 33) กล่าวว่า การที่จะคิดแก้ปัญหาต่างๆ ได้ ผู้สอนจะต้องจัดสถานการณ์ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ และมีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธี อีกทั้งปัญหานั้นต้องอยู่ในกรอบของทักษะเชาว์ของนักเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้คำถามเป็นส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้เพราะคำถามช่วยกระตุ้นความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมตลอดการจัดการเรียนรู้ สอดคล้อง สายหยุด สมประสงค์ (2523 อ้างอิงใน พรรณพร นามโนรินทร์, 2554, หน้า 33) ที่กล่าวว่า ผู้สอนไม่ควรบอกปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาให้นักเรียนตรงๆ เพราะถ้าบอกแล้ว นักเรียนจะไม่ได้ใช้ยุทธศาสตร์ของการคิดแก้ปัญหา

ในขั้นยืนยันปัญหาและชี้แจงปัญหา ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้อภิปรายคำตอบภายในกลุ่มและหน้าชั้นเรียนทำให้นักเรียนได้วิเคราะห์และแสดงความคิดเห็นเพื่อสรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหา นักเรียนทุกคนจะได้ถกเถียงกันว่าอะไรคือปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง กิจกรรมนี้มีส่วนช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาพฤติกรรมการกำหนดปัญหาและบอกสาเหตุของปัญหา นอกจากนี้การให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องก่อนเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้ประกอบการแก้ปัญหาอีกครั้ง เมื่อนักเรียนได้ทราบหลักการที่เกี่ยวข้องแล้วนักเรียนจะสามารถ

เชื่อมโยงความรู้เข้ากับสถานการณ์และทราบถึงแนวทางการแก้ปัญหา ดังนั้น นักเรียนจะสามารถพัฒนาพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้ ในขั้นวางแผนและวางแผนการสำรอง นักเรียนจะได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาวางแผนการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ ซึ่งส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และลดการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกของนักเรียนได้ เพราะนักเรียนต้องประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์กับการวางแผนการแก้ปัญหา ขั้นปรับโครงสร้างเป็นขั้นที่นักเรียนจะสร้างแบบจำลองตามแผนการที่วางไว้ ซึ่งเป็นการประยุกต์และเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ากับการลงมือปฏิบัติ โดยนักเรียนต้องเลือกแผนการที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดมากสร้าง แต่หากแผนการที่นักเรียนเลือกมายังมีข้อบกพร่องนักเรียนสามารถนำแผนการที่เหลือมาปรับปรุงแผนกการเดิมได้ ดังนั้น นักเรียนจะได้พัฒนาพฤติกรรมการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและการนำเอาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาปฏิบัติจริง นักเรียนจะได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริงและลงมือแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง ดังนั้นการสร้างแบบจำลองจึงเป็นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ในขั้นการประเมินมีวัตถุประสงค์ว่านักเรียนสามารถนำวิธีการที่เหมาะสมมาปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาได้หรือไม่ ซึ่งเป็นขั้นที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง เช่น นำเสนอในชั้นเรียนและนำเสนอผ่านคลิปวิดีโอ นักเรียนจะทราบระดับความสามารถของตนเองและประโยชน์ต่อการตนเองในครั้งต่อไป การจัดการเรียนรู้ทั้งหมดผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพราะถึงแม้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นส่วนสำคัญที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนต่างๆ ได้ แต่วิทยาศาสตร์ก็มีความเกี่ยวเนื่องกับศาสตร์อื่นๆ โดยเฉพาะในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม การบูรณาการความรู้จะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาต่างที่ซับซ้อนได้ สอดคล้องกับลิน (Lind, 2000 อ้างอิงใน Ünal and Aral, 2014, p.280) ที่กล่าวว่า การบูรณาการองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ มีความสำคัญมากกว่าลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง เพราะเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งสอดคล้องกับทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ของที่ดิวอี้ (Dewey, 1938 อ้างอิงใน Fuhrmann, 1996, p.87) ที่กล่าวว่า ความสามารถของมนุษย์เกิดจากการสร้างประสบการณ์เขาจึงเสนอแนวการจัดการเรียนรู้ใหม่ที่เรียกว่า “การเรียนรู้จากการลงมือทำด้วยตนเอง (Learning by doing)” การจัดการเรียนรู้ควรให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริงในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou, et al. (2011) ที่พบว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

(STEM) ช่วยส่งเสริมทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนได้ อีกทั้งส่งเสริมนักเรียนให้แก้ปัญหาต่างๆ ทีละขั้นตอนและนำไปสู่ความสำเร็จ ส่งผลให้นักเรียนได้สัมผัสกับการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาอย่างแท้จริง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่านักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น

สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายช่วยส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนในขณะทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยเตรียมแหล่งข้อมูลอย่างหลากหลาย ได้แก่ หนังสือ เว็บไซต์ และเอกสารประกอบการเรียนรู้ สิ่งเหล่านี้ช่วยส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนได้ อีกทั้งช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพราะนักเรียนจะได้ศึกษาและทบทวนความรู้ด้วยตนเองจากสื่อการเรียนรู้ต่างๆ นอกจากนี้การจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลายเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนจะได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริงในการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาและได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ อีกทั้งช่วยส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทางเทคโนโลยีของนักเรียนด้วย ดังนั้นสื่อและอุปกรณ์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า27) ได้กล่าวว่า สื่อการเรียนรู้ที่นำมาสนับสนุนการจัดกระบวนการเรียนรู้ควรเป็นสื่อที่หลากหลายทั้งสื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ของจริงที่มีในท้องถิ่น ตลอดจนเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และนำมาใช้ให้เหมาะสมกับระดับพัฒนาการและกิจกรรมการเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

**2. การศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน**

การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน หลังจากการศึกษา พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น สามารถอภิปรายผลได้ ดังต่อไปนี้

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการจัดการเรียนรู้ โดยก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษานักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 เพราะนักเรียนไม่มีประสบการณ์การทำแบบทดสอบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้ง นักเรียน

ไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงเข้ากับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ เนื่องจากนักเรียนยังเห็นว่ากฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นนามธรรม

เมื่อจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่ และเรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60.0 และร้อยละ 63.75 ตามลำดับ เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกอธิบายปัญหาและความสำคัญของปัญหา อธิบายสาเหตุของปัญหา เสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา วางแผนและออกแบบแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหา เลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม และนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริง ผ่านการอภิปรายกลุ่มและลงมือปฏิบัติจริง โดยนำความรู้เรื่องงานและพลังงานมาเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรี ของผู้วิจัยยังไม่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้อย่างชัดเจน ใช้สื่อและอุปกรณ์การเ ไม่หลากหลาย และจัดสรรเวลาการจัดการเรียนรู้ได้ไม่เหมาะสมเท่าที่ควร ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองวงจรจึงไม่แตกต่างกันมาก ในขณะที่ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจนในระหว่างจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องรอกอย่างง่าย นั่นคือคิดเป็นร้อยละ 85.0 เนื่องจากผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้น โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนอธิบายปัญหา ความสำคัญของปัญหา และอธิบายสาเหตุของปัญหา เป็นรายบุคคลมากขึ้น อีกทั้งให้นักเรียนศึกษาและทบทวนความรู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ทั้งในรูปแบบของวิดีโอ หนังสือ และเว็ปไซด์ ก่อนได้เสนอวิธีการปฏิบัติและวางแผนสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหา นอกจากนี้ ผู้วิจัยจัดสรรเวลาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมมากขึ้น โดยเฉพาะในขั้นปรับโครงสร้างหรือสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนได้พัฒนาพฤติกรรมการเลือกวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม และพฤติกรรมการนำวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ปฏิบัติจริง

เมื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 84.15 ซึ่งน้อยกว่าระหว่างจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวงจรที่ 3 เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย อาจเป็นเพราะแบบทดสอบมุ่งวัดมโนมติที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล ในขณะที่การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างจัดการเรียนรู้เป็นการวัดรายกลุ่ม เพราะนักเรียนต้องร่วมมือกันสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้นนักเรียนจะสามารถปรึกษาและอภิปรายกันเพื่อแก้ปัญหาได้ ทำให้สามารถแสดงพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ในระหว่างจัดการเรียนรู้ได้มากกว่าหลังจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อย่างไรก็ตามความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก็มีความใกล้เคียงกับระหว่างจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาวงจรที่ 3 เรื่องรอกอย่างง่าย แสดงว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความคนทน นั่นหมายถึงว่าการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมย่อยของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า พฤติกรรมการกำหนดปัญหาและความสำคัญของปัญหา และพฤติกรรมการตั้งสมมติฐานหรือบอกสาเหตุของปัญหา เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนพัฒนาได้มากที่สุด เนื่องจากกิจกรรมในขั้นยืนยันปัญหาและขั้นชี้แจงปัญหาสนับสนุนให้นักเรียนนำกฎและทฤษฎีเรื่องงานและพลังงานทางฟิสิกส์มาอธิบายสถานการณ์ต่างๆ ผ่านการอภิปรายกลุ่มและอภิปรายในชั้นเรียน เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร นักเรียนจะได้ฝึกนำกฎและทฤษฎีเรื่องงานและพลังงานทางฟิสิกส์มาอธิบายและแก้ปัญหาในหลายสถานการณ์ นักเรียนจึงได้ปรับทัศนคติของตนเองว่ากฎและทฤษฎีเรื่องงานและพลังงานทางฟิสิกส์มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจว่ากฎและทฤษฎีดังกล่าวมีความเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และสามารถนำกฎและทฤษฎีดังกล่าวมากำหนดปัญหา ความสำคัญของปัญหา และบอกสาเหตุของปัญหาได้ ในขณะที่พฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนพัฒนาได้น้อยที่สุด เพราะนักเรียนแสดงพฤติกรรมนี้ได้มากตั้งแต่ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแล้ว นักเรียนก็ยังพัฒนาพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่องจนจัดเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้เป็นลำดับหนึ่ง

สอดคล้องกับ Lou, et al. (2011) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมทัศนคติและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนจะได้ทำลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาผ่านกระบวนที่ชัดเจนอย่างสม่ำเสมอ ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับกระบวนการแก้ปัญหา อีกทั้งได้เชื่อมโยงกฎและทฤษฎีจากการเรียนเข้ากับชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะนำไปสู่การแก้ปัญหาต่างๆ ทีละขั้นตอน ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจปัญหา ยืนยันปัญหา แก้ปัญหา และประเมินการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้การบูรณาการความรู้ที่ชัดเจนทำให้นักเรียนปรับความรู้ความเข้าใจเดิมสู่ความรู้ที่มั่นคง

เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาได้ประสบความสำเร็จ นักเรียนจะมีทัศนคติที่ดีว่าความรู้สะเต็มศึกษาช่วยให้เข้าใจและแก้ปัญหาได้มากขึ้น แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการสะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่านักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น และช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

**ข้อเสนอแนะ**

**ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้**

1. ผู้สอนควรเลือกสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือประสบได้ในชีวิตประจำวัน โดยสถานการณ์ดังกล่าวต้องมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น และเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนยังไม่เคยพบมาก่อน นอกจากนี้ สถานการณ์ที่นำมาใช้ต้องเปิดกว้างหรือมีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย รวมถึงสามารถบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ได้

2. ผู้สอนควรเลือกใช้สถานการณ์ที่เข้าใจง่าย ซึ่งอาจทำได้โดยการปรับภาษา และใช้ภาพหรือวิดีโอประกอบสถานการณ์ แต่ผู้สอนควรแสดงเพียงเนื้อความของสถานการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจและกระตุ้นความคิดของนักเรียน แต่ไม่ควรมีเนื้อหาที่อธิบายเกี่ยวกับมโนมติที่นักเรียนกำลังจะได้เรียนรู้

3. ผู้สอนควรจัดฐานการเรียนรู้หรือเตรียมแหล่งข้อมูลให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องก่อนเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา เพราะการทบทวนความรู้และสรุปเป็นความเข้าใจของนักเรียนเอง จะนำไปสู่การเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาที่ถูกต้องและประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา

4. กิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนเปรียบเสมือนส่วนหนึ่งของชั้นเรียน ดังนั้นผู้สอนต้องมีความใจกว้าง เป็นกัลยาณมิตร รับฟังความคิดเห็นของนักเรียน และพร้อมที่จะเรียนรู้ไปกับผู้เรียน อีกทั้งผู้สอนควรเสริมแรงให้นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอและอาจมีการเสริมแรงเป็นระยะอย่างเหมาะสม

5. การเลือกอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลอง ผู้สอนควรเลือกอุปกรณ์ที่หลากหลายเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนแยกแยะและเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างแบบจำลอง แต่อย่างไรก็ตาม ผู้สอนควรจำกัดจำนวนอุปกรณ์ เพราะการจำกัดจำนวนอุปกรณ์เป็นการกำหนดขอบข่ายให้นักเรียนรู้จักวางแผนการโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนดำเนินการสร้าง

แบบจำลองได้ตามจำนวนอุปกรณ์ที่จำกัด และช่วยลดการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกของนักเรียนได้

**ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป**

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาว่า ความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนว่ามีผลต่อการแก้ปัญหาหรือไม่ หากความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนมีผลต่อการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนที่มีโอกาสได้บูรณาการความรู้สามารถแก้ปัญหาได้แตกต่างกับนักเรียนที่ไม่ได้บูรณาการความรู้อย่างไร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์. (2528). **จิตวิทยาการศึกษา.** กรุงเทพฯ: ศรีเดชา.

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557). รอบรู้เทคโนโลยี: กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร?. **นิตยสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** 42(193), 37-41.

กันติกาน สืบกินร. (2551). **การศึกษาผลการเรียนรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน. (2550). **การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

โครงการ TIMSS 2011 ประเทศไทย สถาบันส่งเสรมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.** สมุทรปราการ: แอดวานซ์พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

จันทร์จิรา พีระวงศ์. (2553). **การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อฝึกทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

จิราวรรณ สอนสวัสดิ์. (2554). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2550). **40 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ องค์ความรู้ที่ผ่านกระบวนการวิจัย เล่ม 1.** พิษณุโลก: โปรแกรม 85.

ทิศนา แขมมณี. (2557). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ** (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

นภาพร วงค์เจริญ. (2550). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุปัญญา**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. **วารสารนักบริหาร**, 33(2), 49-56.

พรรณพร นามโนรินทร์. (2554). **การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองโก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พรศรี ดาวรุ่งสวรรค์. (2548). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พินันทร์ คงคาเพชร. (2552). **การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน**. กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

ภูมิ พระรักษา. (2549). **การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ ค.ม., มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM education Thailand and STEM ambassadors). **นิตยสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** 42(185), 14-18.

มนัส บุญประกอบ. (2547). **พลิกปัญหาให้เป็นปัญญา**. กรุงเทพฯ: ธนธัชการพิมพ์.

มังกร ทองสุขดี. (2522). **การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: บัวหลวงการพิมพ์.

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2549). การส่งเสริมกระบวนการคิดโดยใช้ยุทธศาสตร์ PBL (problem-based learning). **วารสารวิชาการ**, 5(2), 11-17.

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. (2537). **การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research)**. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิรานนท์. (2548). **เทคนิคการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ.** กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์เน็ท.

รอยพิมพ์ใจ ชนะปราชญ์. (2551). **การศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประจวบคีรีขันธ์.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

รุ่งชีวา สุขดี. (2531). **การศึกษาผลการฝึกออกแบบการทดลองในการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, กรุงเทพฯ.

วัลลี สัตยาศัย. (บรรณาธิการ). (2547). **การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก รูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.** กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ท.

วิชชุดา อ้วนศรีเมือง. (2544). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วีระพล สุวรรณนันต์. (2532). **หลักกระบวนการแก้ปัญหา.** กรุงเทพฯ: ประยูรวงศ์.

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research). **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี,** 2(1), 29-49.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2555). **รายงานประจำปี 2555: Annual report 2012.** กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2556). **รายงานประจำปี 2556: Annual report 2013.** กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2557). **รายงานประจำปี 2557: Annual report 2014.** กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

สมจิต สวธนไพบูลย์. (2526). **วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมจิต สวธนไพบูลย์. (2541). **การประชุมปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมนึก ปัญญาสิงห์. (2537). กระบวนการแก้ปัญหา. **วารสารมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์,** 12(1), 1-10.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). **การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.** กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมนวัตกรรมการเรียนรู้ของครูและบุคลากรทางการศึกษา.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่** 21. เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2549). **สมรรถนะการแก้ปัญหาสำหรับโลกวันพรุ่งนี้ รายงานสรุปเพื่อการบริหารโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ** (programme for International student assessment: PISA 2003). กรุงเทพฯ: เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** 42(186), 3-5.

สุภามาส เทียนทอง. (2553). **การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

สุวิชา วันสุดล. (2554). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบ 4MAT และการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบซิปปา**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). **ยุทธศาสตร์การคิดปัญหา**. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). **วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** กรุงเทพฯ: สามลดา.

อภิชัย เหล่าพิเดช และอรพิณ ศิริสัมพันธ์. (2556). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง ปัญหาทางสังคมของไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. **วารสารวิชาการ กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์**, 6(3), 757-774.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. **วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 42(185), 35-37.

อุดมลักษณ์ นกพึ่งพุ่ม. (2545). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกกระบวนการคิดกับการสอนโดยใช้ผังมโนมติ**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

AKA, E.Ġ., GÜVEN, E. and AYDOĞDU, M. (2010). Effect of problem solving method on science process skills and academic achievement. **Journal of Turkish Science Education**, 7(4), 13-25.

Bati, K. and Kaptan, F. (2013). The effect of science education based on science process skills on scientific problem solving. **Elementary Education Online**, 12(2), 512-527.

Baumert, J., Evans, R.H. and Geiser, H. (1998). Technical problem solving among 10-year-old students as related to science achievement, out-of-school experience, domain-specific control beliefs, and attribution patterns. **Journal of Research in Science Teaching**, 35(9), 987-1013.

Billiar , K., Hubelbank, J., Oliva, T. and Camesano, T. (2014). Teaching STEM by design. **Advances in Engineering Education**, 4(1), 1-21.

Bloom, B.S. (1956). **Taxonomy of education objective handbook I: Cognitive.** New York: David Mackey.

Bodger, W.B. (2010). **Advancing STEM education: A2020Vision**. N.P.: n.p.

Breiner, J.M., Harkness, S.S., Johnson, C.C. and Koehler, C.M. (2012). What Is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. **School Science and Mathematics**, 112(1), 3-11.

Carr, W. and Kemmis, S. (1986). **Becoming critical: Education, knowledge and action research.** London: Falmer.

Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A. and Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. **School Science and Mathematics**, 113(5), 215-226.

Delisle, R. (1997). **How to use problem-based learning in the classroom.** Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Dunbar, K. (1998). Problem solving. In W. Bechtel, and G. Graham (Eds.), **A companion to Cognitive Science** (pp. 289-298). London, England: Blackwell.

Dossey, J.A., McCrone, S.A. and O'Sullivan, C. (2006). **Problem solving in the PISA and TIMSS 2003 assessments.** Washington, DC: Department of Education, National Center for Education Statistics.

Egenrieder, J.A. (2010). Facilitating student autonomy in project-based learning to foster interest and resilience in STEM education and STEM careers. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, 96(4), 45-55.

Ferrance, E. (2000). **Action research.** United States of America: Brown University.

Fuhrmann, B.S. (1996). Philosophies and aims. In J. Gaff, J. Ratcliff and Associates (Eds.), **Handbook of the undergraduate curriculum: A comprehensive guide to purposes, structures, practices, and change** (pp.86-99). San Francisco: Jossey-Bass.

Gijiselears, W.H. (1996). Connecting problem-based practices with educational theory. In L. Wilkerson and W.H. Gijiselears (Eds.), **Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice** (pp.13-21). San Francisco: Jossey-Bass.

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

Greiff, S., Holt, V.D. and Funke, J. (2013). Perspectives on problem solving in educational assessment: Analytical, interactive, and collaborative problem solving. **The Journal of Problem Solving**, 5(2), 71-91.

Heylen, C., Smet, M., Buelens, H. and Sloten, J.V. (2007). Problem solving and engineering design, introducing bachelor students to engineering practice at K.U. Leuven. **European Journal of Engineering Education**, 32(4), 375-386.

Huffman, D. (1997). Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem-solving performance and conceptual understanding of physics. **Journal of Research in Science Teaching**, 34(6), 551-570.

John, W., Collins, I.I. and O'Brien, N.P. (2011). **The greenwood dictionary of education**. United States of America: British Library Cataloguing.

Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). **The action research planer** (3rd ed.). Victoria: Deakin University.

Koehler, C.M., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D.M. and Kazerounian, K. (2013). The nexus between science literacy and technical literacy: A state by state analysis of engineering content in state science standards. **Journal of STEM Education**, 14(3), 5-12.

Krulik, S. and Rudnick, A.J. (1993). **Reasoning and problem solving: A handbook for elementary school teachers.** USA: Allyn and Bacon A Division of Simon and Schuster.

Levine, A. and Nidiffer, J. (1996). Key turning points in the evolving curriculum. In J. Gaff, J. Ratcliff, and Associates (Eds.), **Handbook of the undergraduate curriculum: A comprehensive guide to purposes, structures, practices, and change.** San Francisco: Jossey-Bass.

Lou, S.J., Shih, R.C., Diez, C.R. and Tseng, K.H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school students. **International Journal of Technology and Design Education**, 10798(21), 195-215.

Major, C.H., Savin-Baden, M. and MacKinnon, M. (2000). Issues in problem-based learning: A message from the guest editors. **Journal on Excellence in College Teaching**, 11(2), 1-10.

Mayer, B. and Heidgerken, E. (1962). **Introduction to research in nursing**. Philadelphia: J.B. Loppincolt.

McCutcheon, G. and Jurg, B. (1990). Alternative perspectives on action research. **Theory into Practice**, 24(3), 148.

Mertler, C.A. (2014). **Action research: improving schools and empowering educators-4th edition**. United States of America: SAGE.

Mierson, S. and Parikh, A.A. (2000). Stories from the field: Problem-based learning from a teacher's and a student's perspective. **Change**, 32(1), 20-27.

Morgan, C.T. (1978). **Thinking and problem solving: A brief introduction to psychology** (2nd ed.). New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Striger, E.T. (2007). **Action research** (3rd ed.). Thousand Qaks, CA: SAGE.

Taasoobshirazi, G. and Glynn, M.S. (2009). College students solving chemistry problems: A theoretical model of expertise. **Journal of Research in Science Teaching**, 46(10), 1070-1089.

Taconis, R., Ferguson-Hessler, M.G.M. and Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. **Journal of Research in Science Teaching**, 38(4), 442-468.

Tawfik, A., Trueman, R.J. and Lorz, M.M. (2013). Engaging non-scientists in STEM through problem-based learning and service learning. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, 8(2), 75-84.

ÜNal, M. and Aral, N. (2014). An investigation on the effects of experiment based education program on six years olds' problem solving skills. **Ted Eğitim Ve Bilim**, 39(176), 279-291.

Vasquez, J.A., Sneider, C. and Comer, M. (2013). **STEM lesson essentials: Integrating science, technology, engineering, and mathematics**. Portsmouth, NH: Heinemann.

Weir, J.J. (1974). Problem solving is everybody's problem. **The Science Teacher**, 4, 16-18.

# ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนเรศวร

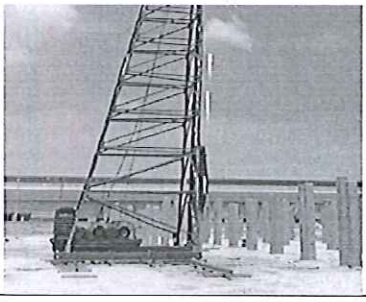
**ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ**

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร
   ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุฒิ เถื่อนถ้ำ
   ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ดร.เอก จันต๊ะยอด
   ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์
   ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
5. นางเสาวลักษณ์ ชนบดีเฉลิมรุ่ง
   ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม

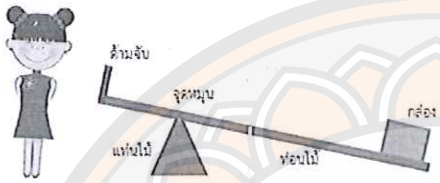
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

## แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

**คำชี้แจง** ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงาน ลงในช่องข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

| สถานการณ์และข้อคำถาม | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|
| **สถานการณ์ที่ 1**<br>หมากเป็นพนักงานก่อสร้างของบริษัทแห่งหนึ่ง ซึ่งกำลังดำเนินงานสร้างตึก 11 ชั้นอยู่ แต่ช่วงนี้เป็นหน้าฝน การดำเนินงานก่อสร้างจึงต้องเร่งมือให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หมากใช้ปั้นจั่นตอกเสาเข็มดังภาพ โดยหมากดึงทุ่นเหล็กด้วยสลิงให้ขึ้นไปครึ่งหนึ่งของความสูงปั้นจั่น และปล่อยทุ่นเหล็กลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก เพื่อให้ทุ่นเหล็กกระทบกับเสาเข็มและตอกเสาเข็มให้จมลงไปในดิน เมื่อหัวหน้างานพิจารณาเสาเข็มที่ตอกแล้วเกิดความโมโหอย่างมาก เพราะพบว่าเสาเข็มจมดินไปได้น้อย หากเป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ งานก่อสร้างจะเสร็จไม่ทันกำหนด เมื่อโดนตำหนิหมากไปอ่านคู่มือการก่อสร้างพบว่าการตอกเสาเข็มด้วยปั้นจั่นเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) ถ้านักเรียนเป็นหมาก นักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร<br> | |

| สถานการณ์และข้อคำถาม | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|
| **ข้อคำถาม**<br>1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร<br>2. สาเหตุของปัญหา<br>2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร<br>2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อที่ 2.1 คือสาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน<br>3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน)<br>4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากหมากมีทุ่นเหล็กขนาดเดียว นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา<br>5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร | |
| **สถานการณ์ที่ 2**<br>คิมเบอร์รี่ต้องการใช้คานยกกล่องใส่กล้องดูดาวขึ้นจากพื้น เนื่องจากพื้นบริเวณดังกล่าวมีกระเบื้องแตกทำให้มีน้ำซึมออกมา ซึ่งอาจทำให้กล้องดูดาวพังเสียหาย แต่กล่องดังกล่าวมีน้ำหนักมากและคิมเบอร์รี่ยกขึ้นไม่ไหว คิมเบอร์รี่นึกถึงตอนเรียนได้ว่าคานช่วยในการผ่อนแรงโดยระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับจุดออกแรงและจุดหมุนกับวัตถุมีผลต่อการผ่อนแรงของคาน คิมเบอร์รี่จึงไปค้นหาสิ่งของที่จะสร้างคานช่วยในการยกกล่องใส่กล้องดูดาว เธอพบว่ามีสิ่งของที่จะ | |

| **สถานการณ์และข้อคำถาม** | **ข้อเสนอแนะ** |
|---|---|
| ใช้สร้างคาน ได้แก่ ท่อนไม้ แท่นไม้ และด้ามจับ คิมเบอร์รี่จึงนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดมาจัดวางดังภาพเพื่อสร้างเป็นคานยก เมื่อคิมเบอร์รี่ออกแรงกดด้ามจับแล้วพบว่าคานดังกล่าวไม่สามารถยกกล่องขึ้นได้ หากนักเรียนเป็นคิมเบอร์รี่จะแก้ปัญหาดังกล่าวนี้อย่างไร<br><br><br>ภาพคิมเบอร์รี่ยกกล่อง<br>**ข้อคำถาม**<br>1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร<br>2. สาเหตุของปัญหา<br>2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร<br>2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อที่ 2.1 คือสาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน<br>3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน)<br>4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากหมากมีทุ่นเหล็กขนาดเดียว นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา | |

| สถานการณ์และข้อคำถาม | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|
| 5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร | |

(ลงชื่อ).........................................................................ผู้ประเมิน

(.......................................................)

**ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์**

## แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์<br>เรื่องงานและพลังงาน

**คำชี้แจง**

แบบทดสอบฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้สำหรับวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในบริบท เรื่องงานและพลังงาน โดยแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อยจำนวน 5 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 80 นาที

1. ให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อ ด้วยลายมือที่อ่านได้ง่าย ในพื้นที่ที่กำหนดให้ ถ้าหากเว้นการตอบข้อใดข้อนั้นจะไม่ได้คะแนน

2. เมื่อทำเสร็จให้ตรวจสอบให้แน่ใจในคำตอบ เมื่อตรวจสอบแน่ใจแล้วจึงส่งให้กับกรรมการคุมสอบ

ชื่อ.........................................................ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง............. เลขที่...................

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**สถานการณ์ที่ 1**

หมากเป็นพนักงานก่อสร้างของบริษัทแห่งหนึ่ง ซึ่งกำลังดำเนินงานสร้างตึก 11 ชั้นอยู่ แต่ช่วงนี้เป็นหน้าฝน การดำเนินงานก่อสร้างจึงต้องเร่งมือให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หมากใช้ปั้นจั่นตอกเสาเข็มดังภาพ โดยหมากดึงทุ่นเหล็กด้วยสลิงให้ขึ้นไปครึ่งหนึ่งของความสูงปั้นจั่น และปล่อยทุ่นเหล็กลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก เพื่อให้ทุ่นเหล็กกระทบกับเสาเข็มและตอกเสาเข็มให้จมลงไปในดิน เมื่อหัวหน้างานพิจารณาเสาเข็มที่ตอกแล้วเกิดความโมโหอย่างมาก เพราะพบว่าเสาเข็มจมดินไปได้น้อย หากเป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ งานก่อสร้างจะเสร็จไม่ทันกำหนด เมื่อโดนตำหนิหมากไปอ่านคู่มือการก่อสร้างพบว่า การตอกเสาเข็มด้วยปั้นจั่นเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) ถ้านักเรียนเป็นหมากนักเรียนจะแก้ปัญหาสถานการณ์นี้อย่างไร

**ภาพปั้นจั่นตอกเสาเข็ม**

**ที่มา:** http://punjunpattaya.com/

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

2. สาเหตุของปัญหา

2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อที่ 2.1 คือ สาเหตุของปัญหาดังกล่าว **โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน**

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ **โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน**)

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากหมากมีทุ่นเหล็กขนาดเดียว นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด และ**ให้เหตุผล**ว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

..........................................................................................................................................

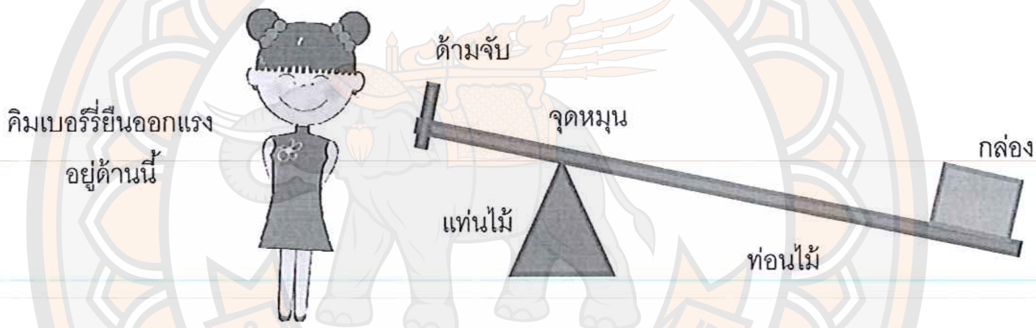
..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

**สถานการณ์ที่ 2**

คิมเบอร์รี่ต้องการใช้คานยกกล่องใส่กล้องดูดาวขึ้นจากพื้น เนื่องจากพื้นบริเวณดังกล่าวมีกระเบื้องแตกทำให้มีน้ำซึมออกมา ซึ่งอาจทำให้กล้องดูดาวพังเสียหาย แต่กล่องดังกล่าวมีน้ำหนักมากและคิมเบอร์รี่ยกขึ้นไม่ไหว คิมเบอร์รี่นึกถึงตอนเรียนได้ว่าคานช่วยในการผ่อนแรง โดยระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับจุดออกแรงและจุดหมุนกับวัตถุมีผลต่อการผ่อนแรงของคาน

คิมเบอร์รี่จึงไปค้นหาสิ่งของที่จะสร้างคานช่วยในการยกกล่องใส่กล้องดูดาว เธอพบว่ามีสิ่งของที่จะใช้สร้างคาน ได้แก่ ท่อนไม้ แท่นไม้ และด้ามจับ คิมเบอร์รี่จึงนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดมาจัดวางดังภาพเพื่อสร้างเป็นคานยก เมื่อคิมเบอร์รี่ออกแรงกดด้ามจับแล้วพบว่าคานดังกล่าวไม่สามารถยกกล่องขึ้นได้ หากนักเรียนเป็นคิมเบอร์รี่จะแก้ปัญหาดังกล่าวนี้อย่างไร




1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

2. สาเหตุของปัญหา

2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อที่ 2.1 คือสาเหตุของปัญหาดังกล่าว **โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน**

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ **โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน**)

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 หากคิมเบอร์รี่มีแรงไม่พอที่จะสามารถเลื่อนกล่องขึ้นไปใกล้กับจุดหมุนได้อีก นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาใดให้เหมาะสมกับปัญหาของสถานการณ์นี้มากที่สุด และ**ให้เหตุผล**ว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

**เกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ที่ 1**

| ข้อคำถาม | | ระดับคะแนน 2 | ระดับคะแนน 1 | ระดับคะแนน 0 |
|---|---|---|---|---|
| 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร | | สามารถระบุปัญหาได้ว่า "ทุ่นเหล็กตอกเสาเข็มลงไปได้น้อย" และแสดงให้เห็นความสำคัญของปัญหาว่า "ทำให้การดำเนินการสร้างตึกเป็นไปอย่างล่าช้า" | สามารถระบุปัญหาได้ว่า "ทุ่นเหล็กตอกเสาเข็มลงไปได้น้อย" แต่**ไม่**ได้แสดงให้เห็นความสำคัญของปัญหาว่า "ทำให้การดำเนินการสร้างตึกเป็นไปอย่างล่าช้า" | สามารถระบุปัญหาได้แต่ปัญหานั้น**ไม่**สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่น ระบุว่าปัญหาคือการดำเนินการก่อสร้างตึกเป็นอย่างล่าช้า เพราะเป็นช่วงหน้าฝน เป็นต้น **หรือไม่ได้ตอบคำถาม** |
| 2. สาเหตุของปัญหา | 2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร | สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 อย่างครบถ้วน เช่น "สาเหตุของปัญหานี้คือ ความสูงของทุ่นเหล็กก่อนปล่อยไม่เพียงพอ และมวลของทุ่นเหล็กอาจจะน้อยเกินไป" | สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 แต่ไม่ครบถ้วน เช่น "สาเหตุของปัญหานี้คือ ความสูงของทุ่นเหล็กก่อนปล่อยไม่เพียงพอ" หรือ "มวลของทุ่นเหล็กอาจจะน้อยเกินไป" | สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ แต่**ไม่**สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 เช่น "สาเหตุของปัญหานี้คือ ดินเปียกเนื่องจากฝนตกในหน้าฝน" หรือ **ไม่ตอบคำถาม** |
| | 2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุ | สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน เช่น "เนื่องจากทุ่นเหล็กตกลงมาอย่างอิสระภายใต้ | สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน แต่**ไม่**ครบถ้วน เช่น "เนื่องจากทุ่นเหล็กตก | สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้**ไม่**สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่2.1 และ/หรือ**ไม่**ได้ใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน เช่น "ระบุสาเหตุว่า |

**เกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ที่ 1**

| ข้อคำถาม | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **ในข้อที่ 2.1 คือสาเหตุของปัญหาดังกล่าวโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน** | สนามโน้มถ่วง สามารถใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการอธิบายได้ว่า เมื่อทุ่นเหล็กอยู่ที่จุดสูงสุดจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมอยู่ ซึ่งหาได้จากสมการ $E_k$=mgh จะเห็นว่าขึ้นอยู่กับมวลและความสูงเทียบกับระดับอ้างอิง ดังนั้นถ้าความสูงไม่มากพอ พลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมที่จุดสูงสุดไม่มากพอด้วย และหากมวลของทุ่นเหล็กมีน้อย พลังงานศักย์โน้มถ่วงก่อนปล่อยและพลังงานจลน์ที่จุดต่ำสุดขณะกระทบกับเสาเข็มก็จะมีค่าน้อยเช่นกัน | ลงมาอย่างอิสระภายใต้สนามโน้มถ่วง สามารถใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการอธิบายได้ว่า เมื่อทุ่นเหล็กอยู่ที่จุดสูงสุดจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมอยู่ ซึ่งหาได้จากสมการ $E_k$=mgh ดังนั้นถ้าพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมที่จุดสูงสุดไม่มากพอพลังงานที่ใช้ตอกเสาเข็มก็จะน้อยด้วย" หรือ "มวลของทุ่นเหล็กมีน้อย พลังงานจลน์ที่จุดต่ำสุดขณะกระทบกับเสาเข็มก็จะมีค่าน้อยเช่นกัน" | มวลของทุ่นเหล็กน้อยเกินไป แต่อธิบายเหตุผลสนับสนุนว่าเนื่องจากการตกอิสระจะมีแรง g กระทำกับมวล ยิ่งมวลมาก แรงดึงดูดสู่โลกก็จะมีมากด้วย" หรือไม่ตอบคำถาม |
| 3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน) | สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้ครบ 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.2 และ 2.2 อีกทั้งใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน เช่น "1. เพิ่มความสูงของทุ่นเหล็ก | สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.2 และ 2.2 และใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน ได้เพียง 1 วิธีการ เช่น "1. เพิ่มความสูงของทุ่นเหล็ก | **ไม่**สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.2 และ 2.2 และใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน เช่น "เปลี่ยนไปทำในวันที่ฝนไม่ตก หรือในช่วง |

**เกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ที่ 1**

| ข้อคำถาม | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| | ก่อนปล่อยลงมา เพื่อเพิ่มพลังงานศักย์โน้มถ่วง 2. เพิ่มมวลของทุ่นเหล็ก เพื่อเพิ่มพลังงานศักย์โน้มถ่วงก่อนปล่อยและพลังงานจลน์ขณะเคลื่อนที่" | ก่อนปล่อยลงมา เพื่อเพิ่มพลังงานศักย์โน้มถ่วง" หรือ "2. เพิ่มมวลของทุ่นเหล็ก เพื่อเพิ่มพลังงานศักย์โน้มถ่วงก่อนปล่อยและพลังงานจลน์ขณะเคลื่อนที่" | ฤดูที่ไม่มีฝน" หรือ "ใช้คนทุบเสาเข็มซ้ำเพื่อให้จมลงไปมากขึ้น หลังการตอก" หรือไม่ตอบคำถาม |
| **4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหามา 1 วิธีที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมกับปัญหาของสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา** | สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ เช่น "ดึงทุ่นเหล็กให้มีความสูงมากขึ้น เพราะไม่มีทุ่นเหล็กขนาดอื่นและมีความสะดวกกว่า" | สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือกได้ เช่น "ดึงทุ่นเหล็กให้มีความสูงมากขึ้น" | ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ หรือ เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา หรือไม่ได้ตอบคำถาม |
| **5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร** | สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น "ทุ่นเหล็กจะสามารถตอกเสาเข็มจมลงไปได้มากขึ้น ทำให้การดำเนินการสร้างตึกรวดเร็วขึ้น" | สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ไม่ครบถ้วน แต่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น "ทุ่นเหล็กจะสามารถตอกเสาเข็มจมลงไปได้มากขึ้น" หรือ "สร้างตึกได้เร็วขึ้น" เป็นต้น | สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น กำหนดวิธีการแก้ปัญหาว่าดึงทุ่นเหล็กให้สูงขึ้น แต่ทำนายผลว่า ตึกมีความแข็งแรงมากขึ้น หรือไม่ได้ตอบคำถาม |

**เกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ที่ 2**

| ข้อคำถาม | | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 1 | 0 |
| 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร | | สามารถระบุปัญหาได้ว่า “คานของคิมเบอร์รี่ไม่ช่วยในการผ่อนแรง” และแสดงให้เห็นความสำคัญของปัญหาว่า “ทำให้ไม่สามารถยกกล่องขึ้นได้” | สามารถระบุปัญหาได้ว่า “คานของคิมเบอร์รี่ไม่ช่วยในการผ่อนแรง” แต่**ไม่**ได้แสดงให้เห็นความสำคัญของปัญหาว่า “ทำให้ไม่สามารถยกกล่องขึ้นได้” | สามารถระบุปัญหาได้แต่ปัญหานั้น**ไม่**สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่น “น้ำซึมออกมาจากกระเบื้อง” หรือ “กล่องหนักเกินไป” **หรือไม่ได้ตอบคำถาม** |
| 2. สาเหตุของปัญหา | 2.1 จากปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร | สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 อย่างครบถ้วน เช่น “สาเหตุของปัญหานี้คือคิมเบอร์รี่จัดวางคานในลักษณะที่มีระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุมากกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับจุดออกแรง” | สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุในข้อที่ 1 แต่**ไม่**ครบถ้วน เช่น “สาเหตุของปัญหานี้คือคานของคิมเบอร์รี่มีระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุยาวเกินไป” หรือ “ระยะระหว่างจุดหมุนกับจุดออกแรงสั้นเกินไป” | **ไม่**สามารถระบุสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานได้ เช่น “กระเบื้องแตก” หรือระบุสาเหตุได้**ไม่สอดคล้อง**กับปัญหา **หรือไม่ได้ตอบคำถาม** |
| | 2.2 จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนจึงคิดว่าสิ่งที่ระบุในข้อที่ 2.3 คือสาเหตุ | สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน เช่น “พิจารณาตามหลักการของคาน ระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับจุด | สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหาได้อย่างสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.1 โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน แต่**ไม่**ครบถ้วน เช่น “พิจารณาตามหลักการของคานที่ | สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนสาเหตุของปัญหาได้สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่2.1 แต่ไม่ได้ใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน หรือระบุสาเหตุได้**ไม่สอดคล้อง**กับปัญหา |

**เกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ที่ 2**

| ข้อคำถาม | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **ของปัญหาดังกล่าวโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน** | ออกแรงและจุดหมุนกับวัตถุมีผลต่อการผ่อนแรงของคาน โดยคานที่มีระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุมากกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับออกแรง จะไม่ช่วยในการผ่อนแรง ซึ่งคานเธอมีลักษณะดังที่กล่าวมา เธอจึงไม่สามารถยกกล่องหนีน้ำซึมได้" | กล่าวว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุมากกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับออกแรง จะไม่ช่วยในการผ่อนแรง" | **หรือไม่ได้ตอบคำถาม** |
| **3. จากสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้ในข้อที่ 2 นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร (โปรดเสนอมา 2 วิธีการ โดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน)** | สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้ครบ 2 วิธีการ และสอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.2 และ 2.2 อีกทั้งใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน เช่น "1. ปรับระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุให้สั้นกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับออกแรง เพื่อให้คานผ่อนแรงมากขึ้น 2. วางกล่องให้ชิดเข้ามาใกล้จุดหมุนมากขึ้น เพื่อให้คานผ่อนแรงมากขึ้น" | สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.2 และ 2.2 และใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน ได้เพียง 1 วิธีการ เช่น "1. ปรับระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุให้สั้นกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับออกแรง เพื่อให้คานผ่อนแรงมากขึ้น" หรือ "2. วางกล่องให้ชิดเข้ามาใกล้จุดหมุนมากขึ้น เพื่อให้คานผ่อนแรงมากขึ้น" | **ไม่**สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุที่ระบุในข้อที่ 2.2 และ 2.2 และใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงาน เช่น "เรียกเพื่อนให้มาช่วยกันยก" **หรือไม่ได้ตอบคำถาม** |

**เกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ที่ 2**

| ข้อคำถาม | ระดับคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 0 |
| **4. จากวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเสนอในข้อที่ 3 ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหามา 1 วิธีที่คิดว่าเหมาะ สมกับปัญหาของสถานการณ์นี้มากที่สุด และให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกวิธีการนี้ในการแก้ปัญหา** | สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ เช่น "ปรับจุดหมุน ให้ระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุให้สั้นกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับออกแรง เพราะจะช่วยผ่อนแรงได้มากกว่า" | สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ แต่**ไม่**สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกได้ เช่น "ปรับจุดหมุน ให้ระยะระหว่างจุดหมุนกับวัตถุให้สั้นกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับออกแรง" | **ไม่**สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ และ**ไม่**สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการเลือกโดยใช้ความรู้เรื่องงานและพลังงานได้ หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับ หรือ**ไม่ได้ตอบคำถาม** |
| **5. หากนำวิธีการแก้ปัญหาที่เสนอมาในข้อที่ 4 มาปฏิบัติจริง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติตามวิธีดังกล่าวจะเป็นอย่างไร** | สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น "คานของคิมเบอร์รี่ผ่อนแรงได้มากขึ้น คิมเบอร์รี่จะสามารถยกกล่องใส่กล้องส่องทางไกลขึ้นจากพื้น เพื่อหนีน้ำซึมได้" | สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ไม่ครบถ้วน แต่สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น "คิมเบอร์รี่จะสามารถยกกล่องใส่กล้องส่องทางไกลขึ้นจากพื้นได้" | สามารถทำนายผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่**ไม่**สอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น "กำหนดวิธีการแก้ปัญหาว่าปรับระยะระหว่าจุดหมุนกับวัตถุให้น้อยกว่าระยะระหว่างจุดหมุนกับจุดออกแรง แต่ทำนายผลว่าคานจะแข็งแรงมากขึ้น" หรือ**ไม่ได้ตอบคำถาม** |

**ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย**

**แผนการจัดการเรียนรู้ บันจี้จัมพ์**

**รายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (ว 30207)** **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**
**หน่วยการเรียนรู้ที่ 9** **กฎการอนุรักษ์พลังงานกล**
**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** **จำนวนเวลาที่สอน 4 ชั่วโมง**
**ผู้สอน: นางสาวนันทชา อัมฤทธิ์** **โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

**มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

**มาตรฐานการเรียนรู้เทคโนโลยี**

สาระที่1 การดำรงชีวิตและครอบครัว

มาตรฐาน ง 1.1 เข้าใจการทำงาน มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะกระบวนการทำงาน ทักษะการจัดการ ทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานร่วมกัน และทักษะการแสวงหาความรู้มีคุณธรรม และลักษณะนิสัยในการทำงาน มีจิตสำนึกในการใช้พลังงาน ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม เพื่อการดำรงชีวิตและครอบครัว

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ ตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

**มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

**2. ผลการเรียนรู้**

ปฏิบัติการศึกษาหลักการของกฎการอนุรักษ์พลังงานกล

| วิทยาศาสตร์ | เทคโนโลยี | วิศวกรรม | คณิตศาสตร์ |
|---|---|---|---|
| พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และการเคลื่อนที่แบบ 1 มิติในแนวดิ่ง | กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมมาสร้างแบบจำลองเพื่อถ่ายทอดความคิดและรวมถึงคลิปวีดิโอข่าวกระโดดบันจี้จัมพ์ | กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีการระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและพัฒนาการทดสอบและประเมินผลต้นแบบ และการนำเสนอผลลัพธ์ | ใช้อัตราส่วนตรีโกณมิติและการบวก การลบ การคูณ การหาร จำนวนจริงเพื่อหาความสูงของจุดปล่อยและคำนวณงบประมาณ |

**3. จุดประสงค์การเรียนรู้**

**พุทธิพิสัย**

นักเรียนสามารถอธิบายหลักการเปลี่ยนรูปพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกลได้

**ทักษะพิสัย**

1. นักเรียนสามารถคำนวณหาพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น และพลังงานจลน์จากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้
2. นักเรียนสามารถกำหนดปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้
3. นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้
4. นักเรียนสามารถเสนอและอธิบายวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้
5. นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติจริงตามวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เสนอไว้เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้

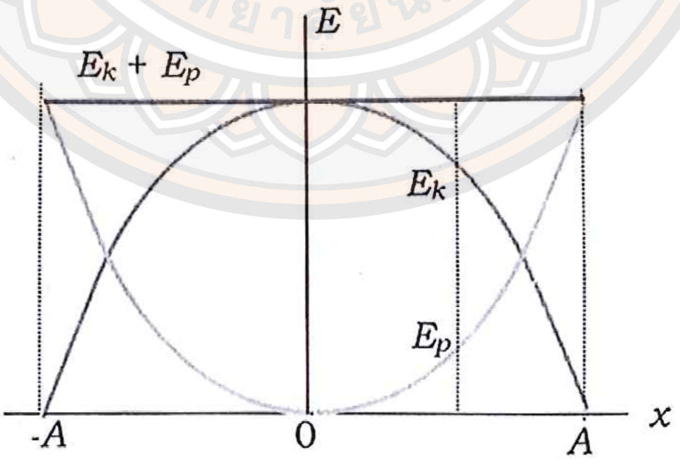
**จิตพิสัย**

1. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักเรียนมีความใฝ่เรียนรู้ในการเรียนและการทำงาน
3. นักเรียนใช้วัสดุหรือทรัพยากรในการทำงานได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน

**4. สาระสำคัญ**

เมื่อวัตถุตกอิสระในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยไม่มีแรงอื่นมากระทำ หรือเคลื่อนที่ภายใต้แรงยืดหยุ่น โดยไม่มีแรงอื่นมากระทำ พลังงานกลรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ ย่อมมีค่าคงตัว เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล (law of conversation of mechanical energy) ที่กล่าวว่า พลังงานรวมของระบบจะไม่สูญหาย แต่เปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่ง แต่ในสถานการณ์จริงส่วนมากผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์มีค่าไม่คงตัว เพราะมีแรงเสียดทานไปต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ งานของแรงเสียดทานจะทำให้พลังงานกลของระบบส่วนหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นพลังงานอื่น เช่น ความร้อนและเสียง แต่เมื่อรวมพลังงานส่วนนี้เข้ากับพลังงานกลแล้ว พลังงานรวมจะมีค่าคงตัว

กฎการอนุรักษ์พลังงานกลสามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจเรื่องนั้นๆ ได้ดีขึ้น เช่น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย พิจารณาการเคลื่อนที่ของรถทดลองติดปลายสปริง ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย สมมติให้รถทดลองเริ่มต้นเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่มีการกระจัดมากที่สุดซึ่งพลังงานศักย์ยืดหยุ่นจะลดลงโดยส่วนที่ลดจะเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ทั้งหมดขณะที่ผ่านที่ตำแหน่งสมดุลแล้วพลังงานจลน์จะลดลงและทำให้พลังงานศักย์ยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น จนถึงตำแหน่งที่มีการกระจัดมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล ดังนั้น อาจเลือกใช้ความจริงที่ว่า พลังงานกลของระบบ ณ ตำแหน่งใดๆ = พลังงานศักย์ยืดหยุ่น ณ ตำแหน่งที่มีการกระจัดมากที่สุด




รูป 5.14 แสดงพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นและพลังงานรวมของระบบ

**5. กระบวนการเรียนรู้**

**ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา (20 นาที)**

1. ครูแสดงสถานการณ์กระโดดบันจี้จั๊มพ์ ดังต่อไปนี้ "การเล่นบันจี้จัมพ์ให้สนุกคือการตกลงมาในแนวดิ่งให้ได้ต่ำที่สุด แต่เมื่อวันที่ 8 กันยายน 2558 สำนักข่าว CNN ได้เผยแพร่ภาพคลิปวิดีโอสุดระทึก ที่ถูกถ่ายโดยนักท่องเที่ยวชาวบราซิลรายหนึ่ง ซึ่งเผยให้เห็นเหตุการณ์ระหว่างการถ่ายทำโฆษณาโทรศัพท์มือถือยี่ห้อหนึ่งของประเทศจีน ที่เดินทางมาถ่ายทำกันที่กรุงเทพมหานคร บริเวณสะพานพระราม 8 โดยระหว่างการถ่ายทำทีมงานหญิงคนหนึ่งได้เข้ามาทดสอบกระโดดบันจี้จัมพ์ก่อนที่จะให้นายแบบกระโดดตอนถ่ายทำจริงเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย ซึ่งทีมงานหญิงมีน้ำหนักเท่ากับนักแสดงชายที่จะมากระโดดจริง แต่แล้วก็เกิดข้อผิดพลาดขึ้นเนื่องด้วยสปริงที่เชือกมีความยืดมากเกินไป ทำให้ร่างของเธอกระแทกเข้ากับแม่น้ำอย่างจัง ดังแสดงในคลิปวิดีโอ https://www.youtube.com/ watch?v=8A_o4Sjusjk ทั้งนี้จากเหตุที่เกิดขึ้นทำให้เธอหมดสติไป 2 วินาที ก่อนที่ทีมงานจะรีบช่วยนำตัวส่งโรงพยาบาล โดยมีข้อมูลว่าเธอได้รับบาดเจ็บเพียงเล็กน้อยเท่านั้น " (รายงานจากสำนักข่าวไทย สืบค้นจาก http://hilight.kapook.com/view/126166?view=full เมื่อวันที่ 3 ธันวาคม 2558)

2. ครูใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนว่า "จากสถานการณ์ดังกล่าวนักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้คืออะไร"

3. นักเรียนแต่ละคนระบุปัญหาและความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 1

**ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา (50 นาที)**

1. นักเรียนแต่ละคนระบุสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมบันทึกสาเหตุของปัญหาลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 2

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการอภิปรายกลุ่มเพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 3

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการร่วมกันอภิปรายให้เพื่อนร่วมห้องทราบ โดยเขียนลงในกระดาษ A4 แล้วนำไปติดไว้ที่ผนังห้อง

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มเดินอ่านปัญหาและสาเหตุของปัญหาของเพื่อนกลุ่มอื่น พร้อมทั้งเขียนเสนอแนะว่าเพื่อนเขียนปัญหาได้ครบถ้วนหรือไม่ ควรเพิ่มเติมอะไร เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์จริงหรือไม่ สาเหตุของปัญหาสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุหรือไม่ โดยกำหนดเวลาให้อ่านและเสนอแนะกลุ่มละ 2 นาที

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่า ปัญหาคือ สปริงที่เชือกยืดมากเกินไป ทำให้ร่างของหญิงสาวกระแทกเข้ากับแม่น้ำอย่างจังและได้รับบาดเจ็บ พร้อมจดบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 4 ของนักเรียนแต่ละคน

6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปสาเหตุของปัญหาที่จะนำไปศึกษาว่า "สาเหตุของปัญหา สปริงของเชือกกระโดดอาจมีค่าคงที่ของสปริง (k) น้อยเกินไป หรือความสูง (h) ของสะพานมากเกินไป หรือน้ำหนัก (W) ของผู้เล่นอาจจะมาก ส่งผลให้เชือกยืดออกมากตามไปด้วย และจากหมายเหตุที่กล่าวว่า การกระโดดบันจี้จัมพ์เป็น การตกอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เราสามารถใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการพิจารณาได้ แสดงว่าที่ตำแหน่งสูงสุดก่อนกระโดดจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นที่จุดต่ำสุดของการกระโดด

$$E_p = E_k$$
$$mgh = \frac{1}{2}kx^2$$

จากสมการจะเห็นว่า ระยะยืดออกของสปริง (x) ขึ้นอยู่กับน้ำหนัก (W) ความสูง (h) และค่าคงที่ของสปริง (k)" พร้อมจดบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา ข้อที่ 4 ของนักเรียนแต่ละคน

1. ก่อนเสนอแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งข้อมูลที่ครูเตรียมให้ทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ การเคลื่อนที่ 1 มิติ กฎการอนุรักษ์พลังงาน และสมบัติยืดหยุ่นของวัสดุ พร้อมจดบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาข้อที่ 5 ของนักเรียนแต่ละคน เพื่อนำความรู้ไปใช้ประกอบการวางแผนสร้างแบบจำลอง

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ เรื่องกฎของไซน์ และทำการคำนวณหาความสูงของตึกที่จะเป็นจุดปล่อยบันจี้จัมพ์โดยใช้กฎของไซน์ตามที่ศึกษา พร้อมทั้งแสดงวิธีการคำนวณลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 6

3. ก่อนให้นักเรียนเสนอแนวทางการแก้ปัญหา ครูย้ำว่าการกระโดดบันจี้จัมพ์ให้สนุกการเล่น บันจี้จัมพ์ให้สนุกคือการตกลงมาในแนวดิ่งให้ได้ต่ำที่สุด

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้มา 2 แนวทาง และบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 7 ของนักเรียน แต่ละคนในกลุ่ม จากนั้นเขียนใส่กระดาษ A4 ส่งมาให้ครูหน้าชั้นเรียน

5. ครูแสดงแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และอภิปรายหาแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด คือ จะเห็นว่า ระยะยืดออกของสปริง (x) ขึ้นอยู่กับน้ำหนัก (W) ความสูง (h) และค่าคงที่ของสปริง (k) แต่น้ำหนักของผู้กระโดดเปลี่ยนแปลงไม่ได้ เนื่องจากทีมงานต้องการให้นักแสดงชายกระโดดจริง และความสูงของสะพานคงที่แล้ว ดังนั้นควรปรับแก้เชือกกระโดดให้สปริงมีค่าคงที่ของสริงมากขึ้น หรือให้เชือกไม่ยืดมีความยาวน้อยลง เพื่อลดระยะทางในการตกอิสระ

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาสถานการณ์นี้ผ่านการอภิปรายกลุ่ม พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 8

**ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน (30 นาที)**

1. ก่อนที่นักเรียนจะได้ออกแบบและวางแผนสร้างแบบจำลอง ครูอธิบายให้นักเรียนทราบว่า ครูแสดงอุปกรณ์สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองทั้งหมด 10 ชนิด ดังต่อไปนี้

1.1 กลุ่มวัสดุไม่ยืด ได้แก่ เชือกปอ เมตรละ 10 บาท เชือกลูกเสือ เมตรละ 17 บาท และไหมพรม เมตรละ 15 บาท

1.2 กลุ่มวัสดุยืดได้ ได้แก่ สปริงใหญ่ อันละ 20 บาท สปริงกลาง อันละ 15 บาท สปริงเล็ก อันละ 5 บาท

แต่ทุกกลุ่มจะได้รับเทปกาว 1 ม้วน ไข่ไก่ 1 ฟอง ถุงพลาสติก 1 ใบ และหนังยาง 1 เส้น

2. ครูกำหนดว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีเงินจำนวน 40 บาทสำหรับใช้ในการซื้ออุปกรณ์สร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหา โดยทุกกลุ่มสามารถใช้วัสดุไม่ยืดและวัสดุยืดได้เพียงอย่างละ 1 ชนิด และทุกกลุ่มต้องเขียนใบสั่งซื้อสินค้าตามจำนวนที่ต้องการและมาซื้อสินค้าที่ครูผู้สอน

3. ครูกำหนดเงื่อนไขว่า ขณะปล่อยไข่ไก่ วัสดุทุกชนิดต้องไม่หลุดหรือขาดออกจากกัน หากวัสดุของกลุ่มใดขาดหรือหลุดออกจากกันจะโดนหัก 1 คะแนน

4. ครูแสดงเกณฑ์ในการประเมินแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนทราบว่าควรประดิษฐ์แบบจำลองอย่างไรให้ได้คะแนนมากที่สุด

5. นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มอภิปรายกันภายในกลุ่มเพื่อหาออกแบบและวางแผนการสร้างแบบจำลอง โดยพิจารณาขอบข่ายการทำงานของบันจี้จัมพ์และกระบวนการผลิต

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายและร่างภาพลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 9 ตัวอย่างเช่น เลือกสปริงอันเล็กที่มี

ค่าความยืดหยุ่นน้อย เพื่อลดระยะทางในการตกอิสระ ซึ่งสปริงมีความยาว 0.10 เมตร ถุงไข่มีความยาว 0.3 เมตร และใช้เชือกไม่ยืด ได้แก่ ไหมพรมที่มีมวลเบาที่สุด และมีลักษณะไม่อ่อนและแข็งเกินไป เพื่อลดการกระแทก โดยใช้ความยาว 1.5 เมตรจากการคำนวณ

**ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง (25 นาที)**

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสำรองหรือขั้นตอนต่อไปที่จะปฏิบัติ หากแผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จหรือมีความยากลำบาก โดยแต่ละกลุ่มจะลงรายละเอียดของการทำงานมากขึ้น เช่น หากสปริงขนาดเล็กหมดจะเปลี่ยนเป็นสปริงขนาดกลางแทน เป็นต้น และอาจมีการคำนวณความยาวเชือกที่ใช้ใหม่อีกครั้ง

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายแผนการสำรองลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาเรื่องบันจี้จัมพ์ ข้อที่ 10

**ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง (55 นาที)**

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการเลือกวัสดุที่เหมาะสม และเขียนใบสั่งซื้อสินค้าก่อนทำการสั่งซื้อตามลำดับขั้นที่ครูได้กำหนด

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเองตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นวางแผนหรือขั้นวางแผนการสำรองที่กำหนดไว้ เช่น ได้อุปกรณ์ตามที่กำหนดในแผนการแรก ก็สร้างตามแผนการแรก หรือได้อุปกรณ์ตามที่กำหนดในแผนการสำรอง ก็สร้างตามแผนการสำรอง หรือได้อุปกรณ์ที่เหมือนกับแผนการแรกและแผนการสำรองก็ทำการประยุกต์แผนการทั้งสอง และสร้างตามแผนการนั้น

3. นักเรียนทำการทดสอบแบบจำลองว่าเป็นไปตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามต้องการ ให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองได้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นครั้งสุดท้าย

**ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน (30 นาที)**

ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองเชือกสลิงบันจี้จัมพ์ของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยทำการประเมินไปทีละกลุ่ม กลุ่มละ 3 นาที และครูเป็นผู้บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ ในข้อที่ 11

ครูอธิบายเพื่อสรุปว่ากิจกรรมนี้ใช้ความรู้ต่างๆ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล การเคลื่อนที่ 1 มิติในแนวดิ่ง และสมบัติความยืดหยุ่นของวัสดุ

2. เทคโนโลยี คือ สร้างแบบจำลองเพื่อถ่ายทอดความคิดและนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน และการเลือกวัสดุหรือทรัพยากรในการสร้างแบบจำลองอย่างคุ้มค่า

3. วิศวกรรม คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการการระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและพัฒนา การทดสอบและประเมินผลต้นแบบ และการนำเสนอผลลัพธ์

4. คณิตศาสตร์ คือ การใช้หลักการอัตราส่วน และการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริงเพื่อหาความสูงของจุดปล่อยบันจี้จัมพ์ คำนวณงบประมาณที่ใช้ และคำนวณหาความยาวของเชือกที่ใช้

**6. การวัดและประเมินผล**

**ด้านพุทธิพิสัย**

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | ผู้ประเมิน |
|---|---|---|---|
| นักเรียนสามารถอธิบายหลักการเปลี่ยนรูปพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกลได้ | ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึกการแก้ปัญหา | แบบบันทึกการแก้ปัญหา | ครู |

**ด้านทักษะพิสัย**

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | ผู้ประเมิน |
|---|---|---|---|
| 1. นักเรียนสามารถคำนวณหาพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น และพลังงานจลน์จากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้ | ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึกการแก้ปัญหา | แบบบันทึกการแก้ปัญหา | ครู |
| 2. นักเรียนสามารถกำหนดปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้ | ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึกการแก้ปัญหา | แบบบันทึกการแก้ปัญหา | ครู |

**ด้านทักษะพิสัย**

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | ผู้ประเมิน |
|---|---|---|---|
| 1. นักเรียนสามารถบอกสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้ | ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึก การแก้ปัญหา | แบบบันทึก การแก้ปัญหา | ครู |
| 2. นักเรียนสามารถเสนอและอธิบายวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้ | ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึก การแก้ปัญหา | แบบบันทึก การแก้ปัญหา | ครู |
| 3. นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติจริงตามวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เสนอไว้เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์กระโดดบันจี้จัมพ์ได้ | ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึก การแก้ปัญหา | แบบบันทึก การแก้ปัญหา | ครู |

**ด้านจิตพิสัย**

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | ผู้ประเมิน |
|---|---|---|---|
| 1. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย | ประเมินพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ | แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน | ครู |
| 2. ใฝ่เรียนรู้ในการเรียนและการทำงาน | ประเมินพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ | แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน | ครู |
| 3. นักเรียนใช้ทรัพยากรในการทำงานอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน | ประเมินความถูกต้องจากแบบบันทึก การแก้ปัญหา | แบบบันทึก การแก้ปัญหา | นักเรียน |

**7. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้**

| | |
|---|---|
| 7.1 คอมพิวเตอร์ | จำนวน 1 เครื่อง/ห้อง |
| 7.2 เครื่องฉายโปรเจคเตอร์ | จำนวน 1 เครื่อง/ห้อง |
| 7.3 คลิปวิดีโอข่าวคนกระโดดบันจี้จัมพ์ | จำนวน 1 เรื่อง/ห้อง |
| 7.4 ใบความรู้ เรื่องกฎของไฮด์ | จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม |
| 7.5 แหล่งข้อมูลที่ 1 เรื่องสมบัติยืดหยุ่นของวัสดุ | จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม |
| 7.6 แหล่งข้อมูลที่ 2 เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน | จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม |
| 7.7 แหล่งข้อมูลที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่ 1 มิติในแนวดิ่ง | จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม |
| 7.8 หนังสือฟิสิกส์และเคมี ของ ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์ สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น กรุงเทพมหานคร ปี 2549 | จำนวน 1 เล่ม/กลุ่ม |
| 7.9 ฟิสิกส์1 ของ ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีปทุม ปี 2552 พิมพ์ครั้งที่ 15 | จำนวน 1 เล่ม/กลุ่ม |
| 7.10 เชือกปอ | จำนวน 2 ม้วน/ห้อง |
| 7.11 เชือกลูกเสือ | จำนวน 2 ม้วน/ห้อง |
| 7.12 ไหมพรม | จำนวน 3 ม้วน/ห้อง |
| 7.13 สปริงใหญ่ | จำนวน 3 อัน/ห้อง |
| 7.14 สปริงกลาง | จำนวน 3 อัน/ห้อง |
| 7.15 สปริงเล็ก | จำนวน 3 อัน/ห้อง |
| 7.16 ไข่ไก่ | จำนวน 9 ฟอง/ห้อง |
| 7.17 ถุงพลาสติก | จำนวน 8 ใบ/ห้อง |
| 7.18 ยางวง | จำนวน 8 อัน/ห้อง |
| 7.19 เทปกาว | จำนวน 8 ม้วน/ห้อง |
| 7.20 แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา เรื่องบันจี้จัมพ์ | จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม |
| 7.21 ใบสั่งซื้อของ | จำนวน 1 ชุด/กลุ่ม |

มหาวิทยาลัยนเรศวร

## แบบสังเกตพฤติกรรมด้านจิตพิสัยในชั้นเรียน

**คำชี้แจง:** จงทำเครื่องหมาย / ในช่องระดับคุณภาพตามพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในชั้นเรียน

| ลำดับที่ | ชื่อ-สกุล | พฤติกรรม/ระดับคะแนน | | | | | | รวมคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย | | | ใฝ่เรียนรู้ในการเรียนและการทำงาน | | | |
| | | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

**เกณฑ์การผ่าน** ร้อยละ 75 ขึ้นไป

คะแนนรวม 6 คะแนน ต้องได้ 4-6 คะแนนจึงจะผ่าน

**เกณฑ์การให้คะแนน**

**ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย**

ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ไม่ทำการบ้านวิชาอื่นในห้องเรียนทำงานและส่งงานในเวลาที่กำหนด

ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง ไม่ทำการบ้านวิชาอื่นในห้องเรียนและทำงานในเวลาที่กำหนด แต่ไม่ส่งงานในเวลาที่กำหนด

ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ทำการบ้านวิชาอื่นในห้องเรียน ไม่ทำงานและไม่ส่งงานในเวลาที่กำหนด

**ใฝ่เรียนรู้ในการเรียนและการทำงาน**

ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ตั้งใจทำงานและมีส่วนร่วมในทุกกิจกรรมอย่าสม่ำเสมอ

ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง ตั้งใจทำงานและมีส่วนร่วมในบางกิจกรรม

ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ไม่ตั้งใจและไม่ค่อยมีส่วนร่วมกับกิจกรรม

**ใบสั่งซื้อของ**

ชื่อกลุ่ม.......................................................................................................................................

งบประมาณทั้งหมด 40 บาท

| ลำดับ | รายการ | จำนวน | ราคา (บาท) |
|---|---|---|---|
| 1 | เชือกปอ (เส้นละ 8 บาท) | | |
| 2 | เชือกลูกเสือ (เส้นละ 10 บาท) | | |
| 3 | ไหมพรม (เส้นละ 5 บาท) | | |
| 4 | สปริงขนาดใหญ่ (อันละ 10 บาท) | | |
| 5 | สปริงขนาดกลาง (เส้นละ 8 บาท) | | |
| 6 | สปริงขนาดเล็ก (เส้นละ 5 บาท) | | |
| รวม | | | |

มหาวิทยาลัยนเรศวร

# แบบบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนเรื่องบันจี้จัมพ์

ชื่อกลุ่ม..........................................................................................................................................

รายชื่อ.......................................................................................เลขที่...........................

**สถานการณ์**

การเล่นบันจี้จัมพ์ให้สนุกคือการตกลงมาในแนวดิ่งให้ได้ต่ำที่สุด แต่เมื่อวันที่ 8 กันยายน 2558 สำนักข่าว CNN ได้เผยแพร่ภาพคลิปวิดีโอสุดระทึก ที่ถูกถ่ายโดยนักท่องเที่ยวชาวบราซิลรายหนึ่ง ซึ่งเผยให้เห็นเหตุการณ์ระหว่างการถ่ายทำโฆษณาโทรศัพท์มือถือยี่ห้อหนึ่งของประเทศจีน ที่เดินทางมาถ่ายทำกันที่กรุงเทพมหานคร บริเวณสะพานพระราม 8 โดยระหว่างการถ่ายทำทีมงานหญิงคนหนึ่งได้เข้ามาทดสอบกระโดดบันจี้จัมพ์ก่อนที่จะให้นายแบบกระโดดตอนถ่ายทำจริงเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย ซึ่งทีมงานหญิงมีน้ำหนักเท่ากับนักแสดงชายที่จะมากระโดดจริง แต่แล้วก็เกิดข้อผิดพลาดขึ้นเนื่องด้วยสปริงที่เชือกมีความยืดมากเกินไป ทำให้ร่างของเธอกระแทกเข้ากับแม่น้ำอย่างจัง ดังแสดงในคลิปวิดีโอ ทั้งนี้จากเหตุที่เกิดขึ้นทำให้เธอหมดสติไป 2 วินาที ก่อนที่ทีมงานจะรีบช่วยนำตัวส่งโรงพยาบาล โดยมีข้อมูลว่าเธอได้รับบาดเจ็บเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (รายงานจากสำนักข่าวไทย)

1. ระบุปัญหาด้วย**ตนเอง**

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

2. สาเหตุของปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร (คิดด้วย**ตนเอง**)

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

3. สรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหาจากการอภิปรายภายใน**กลุ่ม**

ปัญหา............................................................

..................................................................................

..................................................................................

..................................................................................

..................................................................................

สาเหตุ......................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

4. สรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหาจากการอภิปรายภายใน**ชั้นเรียน**

ปัญหา......................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

สาเหตุ......................................................................................................................

.....................................................................................................................................

.....................................................................................................................................

5. ให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้จากฐานความรู้ต่างๆ

| เรื่อง | ความรู้ที่ได้ |
|---|---|
| การเคลื่อนที่ 1 มิติในแนวดิ่ง | |
| กฎการอนุรักษ์พลังงาน | |
| สมบัติยืดหยุ่นของวัสดุ | |

มหาวิทยาลัยนเรศวร

6. จงแสดงการคำนวณหาความสูงของตึกที่จะเป็นจุดปล่อยบันจี้จัมพ์โดยใช้กฎของไซน์

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

7. จากปัญหาและสาเหตุที่ได้ระบุในข้อที่ 4 โปรดระบุแนวทางการแก้ปัญหามา 2 แนวทาง โดยระดมความคิดกันภายในกลุ่ม

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

8. โปรดเขียนอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด หลังจากการอภิปรายกันในห้องเรียนแล้ว

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

9. ก่อนดำเนินการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหา นักเรียนกรุณาระบุความรู้ที่จะได้นำมาใช้ในการแก้ปัญหาตามหัวข้อต่อไปนี้

วิทยาศาสตร์ (S) ..............................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

เทคโนโลยี (T) ..............................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

วิศวกรรม (E) ..............................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

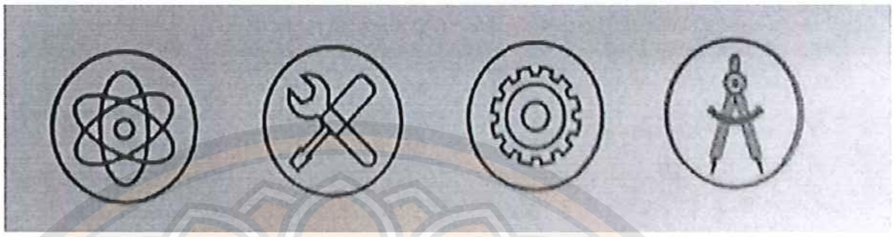
.............................................................................................................................

คณิตศาสตร์ (M) ..............................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................



10. แผนการที่ 1 (Plan A)

จงคำนวณหาความยาวเชือกที่ใช้

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

11. แผนการสำรอง (Plan B)

จงคำนวณหาความยาวเชือกที่ใช้

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

12. แผนการที่ 3 (Plan C)

จงคำนวณหาความยาวเชือกที่ใช้

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

..............................................................................................................................................

13. ภาพร่างลักษณะของแบบจำลองเชือกกระโดดบันจี้จัมพ์ที่ปรับปรุงให้มีความเหมาะสมมากที่สุดแล้ว และอธิบายเหตุผลที่เลือกสร้างเชือกกระโดดบันจี้จัมพ์ในลักษณะนี้

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เหตุผลที่เลือกสร้างเชือกกระโดดสลิงบันจี้จัมพ์ที่มีลักษณะดังภาพ

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

14. ประเมินแบบจำลอง

| รายการประเมิน | คะแนนที่ได้ |
|---|---|
| คะแนนชิ้นงาน (4) | |
| คะแนนงบประมาณ (4)<br>งบประมาณที่ใช้.........................บาท | |
| คะแนนการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (4) | |
| คะแนนการบูรณาการความรู้ (4) | |
| รวมคะแนน(12) | |

**เกณฑ์การผ่าน** ร้อยละ 75 ขึ้นไป

คะแนนรวม 12 คะแนน ต้องได้ 9.5-12 คะแนนจึงจะผ่าน

**เกณฑ์การให้คะแนน**

| รายการประเมิน | ระดับ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (4 คะแนน) | ดี (3 คะแนน) | พอใช้ (2 คะแนน) | ควรปรับปรุง (1 คะแนน) |
| **ชิ้นงาน** | เชือกสลิงบันจี้จัมพ์ไม่ขาดหรือหลุดขณะปล่อยลงมาจากที่สูงและตกลงมาห่างจากพื้นดิน 0-20 เซนติเมตร | เชือกสลิงบันจี้จัมพ์ไม่ขาดหรือหลุดขณะปล่อยลงมาจากที่สูงและตกลงมาห่างจากพื้นดิน 21-30 เซนติเมตร | เชือกสลิงบันจี้จัมพ์ไม่ขาดหรือหลุดขณะปล่อยลงมาจากที่สูงและตกลงมาห่างจากพื้นดิน 31-40 เซนติเมตร | เชือกสลิงบันจี้จัมพ์ไม่ขาดหรือหลุดขณะปล่อยลงมาจากที่สูง และตกลงมาห่างจากพื้นดิน 41-50 เซนติเมตร |
| **งบประมาณ** | ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 1 | ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 2 | ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 3 | ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 4 เป็นต้นไป |

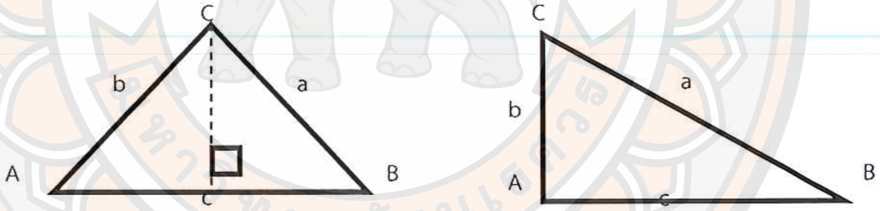
| รายการประเมิน | ระดับ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (4 คะแนน) | ดี (3 คะแนน) | พอใช้ (2 คะแนน) | ควรปรับปรุง (1 คะแนน) |
| การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม | มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มีการสืบค้นข้อมูลและแสดงถึงการใช้ข้อมูลมาเป็นพื้นฐานการตัดสินใจในการออกแบบ | มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มีการสืบค้นข้อมูลแต่ไม่ได้นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานการตัดสินใจในการออกแบบ | มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ขาดการสืบค้นข้อมูล | ขาดการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม |
| การบูรณาการความรู้ | สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงานได้ชัดเจนและถูกต้องครบทั้ง 3 ด้าน | สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงานได้ชัดเจนและถูกต้อง 2 ด้าน | สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงานได้ชัดเจนและถูกต้อง 1 ด้าน | ไม่สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลงานได้ |

# ใบความรู้
# เรื่อง กฎของไซน์

ในชีวิตประจำวันเราต้องเกี่ยวข้องกับปริมาณต่างๆ มากมาย ความยาวเป็นปริมาณชนิดหนึ่งที่ใช้บ่อยมาก โดยเรียกในชื่อต่างๆ เช่น ความสูง ระยะทาง รัศมี เส้นผ่านศูนย์กลาง เป็นต้น การหาความยาวอาจทำได้โดยการใช้เครื่องวัด เช่น ไม้เมตร หรือสายวัด แต่บางครั้งการวัดโดยตรงอาจทำได้ยาก ดังนั้นเราจึงต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณหาความยาว

ฟังก์ชันตรีโกณมิติเป็นฟังก์ชันของจำนวนจริงหรือมุม สามารถนำมาใช้ในการหาความยาวของด้านและขนาดของมุมรูปสามเหลี่ยมได้ โดยกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างด้านและมุมของรูปสามเหลี่ยมและฟังก์ชันตรีโกณมิติดังนี้

กฎของไซน์ ในรูปสามเหลี่ยม ABC ใดๆ ถ้า a, b และ c เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม A, B และ C ตามลำดับ



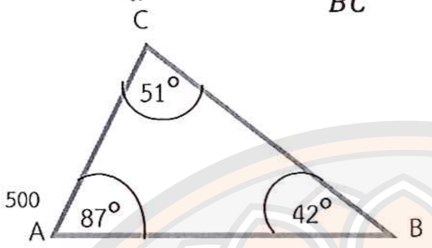

จะได้ $\dfrac{sinA}{a} = \dfrac{sinB}{b} = \dfrac{sinC}{c}$

กฎของไซน์ใช้หาความยาวด้านของรูปสามเหลี่ยมดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

**มีต่อหน้าหลังนะจ๊ะ**

**ตัวอย่างที่** 1 สวนสาธารณะแห่งหนึ่งมีทางเดินโดยรอบเป็นรูปสามเหลี่ยม กำหนดให้เป็น ABC โดย A, B และ C เป็นมุมที่มีค่า 87, 42 และ 51 องศา ตามลำดับ ถ้าทางเดิน AC มีความยาว 500 เมตร ทางเดิน AB และ BC มีความยาวเท่าใด

**วิธีทำ** จากกฎของไซน์ จะได้ $\frac{sinA}{BC} = \frac{sinB}{AC} = \frac{sinC}{AB}$




แทนค่า $\frac{sin87^\circ}{BC} = \frac{sin42^\circ}{500} = \frac{sin51^\circ}{AB}$

จะได้ $BC = \frac{(500)(0.9986)}{0.6691} \approx 746\,m$

$AC = \frac{(500)(0.7771)}{0.6691} \approx 581\,m$

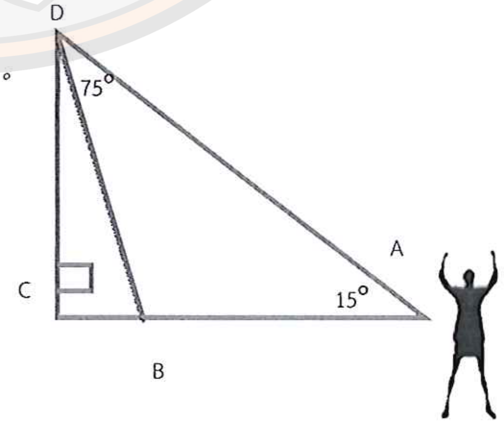
**ตัวอย่างที่** 2 เนตรยืนบนสนามแห่งหนึ่งมองเห็นยอดเสาธงเป็นมุมเงย 15 องศา แต่เมื่อเดินตรงเข้าไปหาเสาธงอีก 60 เมตร เขามองเห็นยอดเสาธงเป็นมุมเงย 75 องศา ถ้าเนตรสูง 150 เซนติเมตร จงหาความสูงของเสาธง

**วิธีทำ** ให้ CD เป็นความสูงของเสาธงส่วนที่เหนือระดับสายตา จุด A เป็นจุดที่เนตรมองยอดเสาธงในครั้งแรก จุด B เป็นจุดที่เนตรมองยอดเสาธงในครั้งหลัง และระยะ AB เท่ากับ 60 เมตร

เนื่องจาก $C\hat{A}D = 15^\circ$ และ $C\hat{B}D = 75^\circ$

จะได้ $A\hat{D}B = 60^\circ$

พิจารณา $\Delta ABD$ จากกฎของไซน์



จะได้ $\frac{sin15^\circ}{BD} = \frac{sin60^\circ}{AB}$

$$BD = \frac{ABsin15^\circ}{sin60^\circ}$$

พิจารณา $\Delta BCD$ จากกฎของไซน์

จะได้ $\frac{sin75^\circ}{CD} = \frac{sin90^\circ}{BD}$

$$CD = BDsin75^\circ = \left(\frac{ABsin15^\circ}{sin60^\circ}\right) sin75^\circ$$

$$= \frac{(60)(0.2588)}{(0.8660)} = (0.9654) \approx 17.32\, m$$

เนื่องจากเนตรสูง 1.50 เมตร ดังนั้นเสาธงสูงประมาณ 17.32+1.50 = 18.82 เมตร

## แหล่งข้อมูลที่ 1 สมบัติยืดหยุ่นของวัสดุ

**สภาพยืดหยุ่น** (elasticity)

สภาพยืดหยุ่น เป็นสมบัติของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้เมื่อมีแรงกระทำ และจะกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้เมื่อหยุดออกแรงกระทำต่อวัตถุนั้น ตัวอย่างวัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่น เช่น ฟองน้ำ

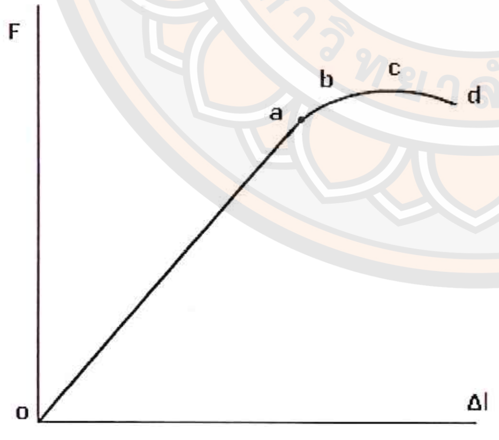
สมบัติสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ มีประโยชน์ในงานทางช่างและทางอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง เช่น ในการเลือกวัสดุเพื่อใช้เป็นโครงสร้างอาคารสะพาน หรือชิ้นส่วนของเครื่องกล วิศวกรหรือผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาสมบัติสภาพยืดหยุ่นของวัสดุที่จะนำมาใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมกับงาน

สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง เป็นสมบัติของของแข็งที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สภาพยืดหยุ่น (elasticity) คือ สมบัติของวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เมื่อมีแรงมากระทำและสามารถคืนตัวกลับสู่รูปร่างเดิมเมื่อหยุดออกแรงกระทำ

2. สภาพพลาสติก (plasticity) คือ กรณีวัสดุเปลี่ยนรูปร่างไปอย่างถาวร โดยผิววัสดุไม่มีการฉีกขาดหรือแตกหัก

จากการดึงสปริงให้ยืดออก จะพบว่ากราฟระหว่างขนาดของแรงดึงกับความยาวที่สปริงยืดออกจะมีลักษณะดังรูป




จากกราฟจะเห็นว่า ในช่วง oa เป็นช่วงที่ออกแรงกระทำกับสปริงแล้ว แต่สปริงสามารถกลับสู่สภาพเดิมได้ โดย ความยาวที่ยืดออก**แปรผันตรง**กับขนาดของแรงดึง ซึ่งจุด a เป็นตำแหน่งสุดท้ายที่ความยาวที่ยืดออกแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง จุดนี้เรียกว่า **ขีดจำกัดของการแปรผันตรง** (proportional limit)

ถ้าออกแรงดึงเส้นสปริงให้ยืดอีกเล็กน้อยจนถึงจุด b และหยุดออกแรงดึง สปริงจะยังคงกลับไปอยู่สภาพเดิมและความยาวสุดท้ายเท่ากับความยาวเริ่มต้น แต่ความยาวที่ยืดออก**ไม่แปรผันตรง**กับขนาดของแรงดึง จุดนี้เรียกว่า **ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น** (elastic limit)

ส่วนช่วงของกราฟตั้งแต่จุด b เป็นต้นไป สปริงจะเริ่มเปลี่ยนรูปไปอย่างถาวร และถ้าออกแรงดึงถึงจุด c จุดนี้เรียกว่า **จุดคราก (yield point)** ซึ่งเป็นจุดที่ความยาวของเส้นโลหะเพิ่ม อย่างรวดเร็ว ขณะที่แรงดึงเพิ่มเล็กน้อย เมื่อออกแรงดึงต่อไปจนเลยจุด d เส้นโลหะจะขาดจุดนี้เรียกว่า **จุดแตกหัก** (breaking point)

ช่วง ob เรียกว่า การผิดรูปแบบยืดหยุ่น (elastic deformation) และสภาพของวัตถุในช่วง เรียกว่า สภาพยืดหยุ่น (elasticity) ซึ่งเป็นสมบัติของวัตถุที่มีการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำ และสามารถกลับสู่รูปเดิมเมื่อหยุดออกแรงกระทำ

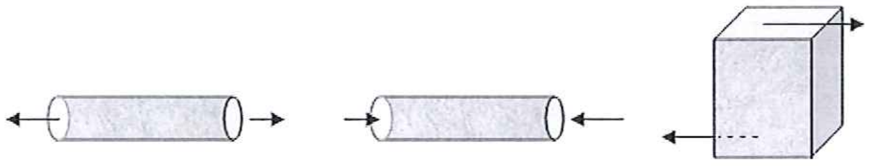
ช่วง bd เรียกว่า การผิดรูปแบบพลาสติก (plastic deformation) ซึ่งเป็นสมบัติของวัตถุที่เปลี่ยนรูปร่างไปอย่างถาวร โดยวัตถุยังไม่ฉีกขาดหรือแตกหัก

> วัตถุส่วนใหญ่มีทั้งสภาพยืดหยุ่นและสภาพพลาสติกในตัวเอง
> โดยมีสภาพยืดหยุ่นเมื่อแรงกระทำมีค่าน้อย และมีสภาพพลาสติกเมื่อแรงกระทำมีค่ามาก
> วัตถุบางชนิดมีแต่สภาพพลาสติก เช่น ดินน้ำมัน ขนมปัง เป็นต้น

**แรงที่ทำให้วัตถุผิดรูป**

วัตถุส่วนมากจะมีรูปร่างผิดไปเล็กน้อยเมื่อมีแรงกระทำ โดยแรงที่มากระทำนั้นอาจกระทำในทิศต่างๆ และวัตถุเหล่านั้นส่วนใหญ่จะประพฤติตามกฎของฮุกเมื่อแรงยังน้อยกว่าขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น เช่น แท่งโลหะ แก้ว ควอรตซ์ หรือพลาสติก มีวัตถุบางอย่างที่ไม่เป็นไปตามกฎของฮุกได้เลย เช่น ดินเหนียว ดินน้ำมัน เพราะรูปร่างเปลี่ยนไปอย่างถาวรเมื่อได้รับแรงเพียงเล็กน้อย โดยทั่วไป แรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วมีผลให้วัตถุผิดรูปไป มี 3 แบบ ได้แก่

1. แรงดึง (tensile forces) เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีผลให้วัตถุมีความเพิ่มขึ้น
2. แรงอัด (forces of compression) เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีผลให้วัตถุมีความยาวลดลง
3. แรงเฉือน (shear forces) เป็นแรงที่กระทำบนผิววัตถุ มีผลให้ผิววัตถุบิดไป เรียกว่า แรงบิด (forces of torsion) ซึ่งเป็นแรงเฉือนชนิดหนึ่ง



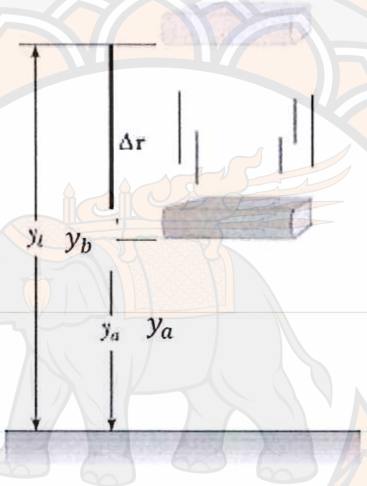
ก. แรงดึง ข. แรงอัด ค. แรงเฉือน

**ที่มา**: http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?id=76214

## แหล่งข้อมูลที่ 2 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

กฎอนุรักษ์พลังงานจัดได้ว่าเป็นกฎพื้นฐานสำหรับการศึกษาปัญหาและปรากฏการณ์ต่างๆ ในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งใจความสำคัญของกฎอนุรักษ์พลังงานกล่าวว่า พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือทำให้สูญหายไปได้ แต่พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่งได้

เราจะศึกษากฎการอนุรักษ์พลังงานจากตัวอย่างต่อไปนี้ พิจารณาการตกของหนังสืออย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ดังรูป




ณ ความสูงต่างๆกัน หนังสือก็จะมีความเร็วที่ต่างกันไปด้วย นั่นแปลว่าทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงของหนังสือก็จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยผลบวกของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเรียกว่า "พลังงานกล" (Mechanical energy) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพลังงานกลก็ย่อมเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้น ในที่นี้ เรากำลังพูดถึง กฎการอนุรักษ์พลังงานกลของวัตถุ ซึ่งกล่าวว่า พลังงานกลของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ จะมีค่าคงที่ ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ดังนี้

สมมติว่าเราปล่อยหนังสือ มวล m ให้ตกอย่างอิสระ โดยขณะที่หนังสืออยู่ ณ ตำแหน่ง $y_b$ หนังสือมีความเร็วต้น u เมื่อหนังสือตกลงไปอยู่ ณ ตำแหน่ง $y_a$ หนังสือมีความเร็วเป็น v การเคลื่อนที่นี้อยู่ภายใต้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g จากสมการการเคลื่อนที่ของวัตถุ เราสามารถเขียนได้ว่า

$v^2 - u^2 = 2g(y_b - y_a)$

คูณด้วย $\frac{1}{2}m$ ทั้งสองด้านของสมการจะได้

$\frac{1}{2}m(v^2 - u^2) = mg(y_b - y_a)$

$\frac{1}{2}m(v^2 - u^2) = -mg(y_a - y_b)$

นั่นคือ $\Delta E_k = -\Delta E_p$

หรือ $\frac{1}{2}mv^2 + mgy_a = \frac{1}{2}mu^2 + mgy_b$

$(E_k + E_p)_a = (E_k + E_p)_b$

สรุปได้ว่า การเคลื่อนที่แบบอิสระของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ พลังงานกลของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ ย่อมมีค่าคงที่เสมอ ซึ่งเป็นไปตาม "กฎการอนุรักษ์พลังงานกล"

**ที่มา:** http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/

## แหล่งข้อมูลที่ 3 การเคลื่อนที่ 1 มิติในแนวดิ่ง

**การเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก**

เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียว การเคลื่อนที่ลักษณะนี้จะไม่คิดแรงต้านของอากาศ การตกอย่างอิสระนี้ วัตถุจะเคลื่อนตัวด้วยความเร่ง ซึ่งเรียกว่า Gravitational acceleration หรือ g ซึ่งมีค่าประมาณ 9.8 $m/s^2$

**สมการการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง**

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง คือ การการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงแบบหนึ่ง ดังนั้น สมการในการคำนวณจึงเหมือนกับสมการการเคลื่อนที่ในแนวราบเพียงแต่เปลี่ยนค่า a เป็น g เท่านั้น

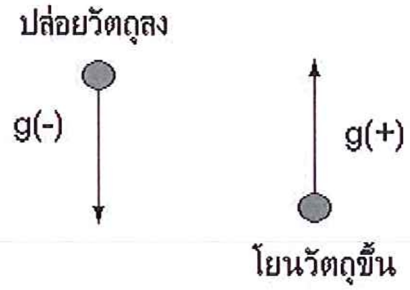
$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}t$$

$$\vec{s} = \left(\frac{\vec{u} + \vec{v}}{2}\right)t$$

$$\vec{s} = \vec{u}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

$$\vec{v}^2 = \vec{u}^2 + 2\vec{a}\vec{s}$$

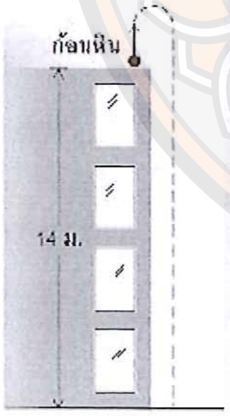
| | | |
|---|---|---|
| โดยที่ | s คือการกระจัด | หน่วย m |
| | v คือความเร็วปลาย | หน่วย m/s |
| | u คือความเร็วต้น | หน่วย m/s |
| | a คือความเร่ง | หน่วย $m/s^2$ |
| | t คือเวลา | หน่วย s |




การกำหนดทิศทางของ g ซึ่งเป็นความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยปกติ g จะมีทิศลงเสมอ จึงถือว่าวัตถุเคลื่อนที่ลงให้ g เป็นบวก วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นให้ g เป็นลบ

เมื่อวัตถุที่ตกแบบเสรี วัตถุจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง g ถ้ากำหนดให้ g = 10 $m/s^2$ แสดงว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ลงมาด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นวินาทีละ 10 เมตรต่อวินาที แต่ถ้าโยนวัตถุนี้ขึ้นในแนวดิ่งวัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นช้าลงความเร่ง –g ถ้า g = 10 $m/s^2$ จะได้ว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วลดลงวินาทีละ 10 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งความเร็วสุดท้ายเป็น 0 เรียกตำแหน่งนี้ว่าตำแหน่งสูงสุดของการเคลื่อนที่ของวัตถุ หลังจากนี้วัตถุจะเคลื่อนที่ตกแบบเสรี

**ตัวอย่าง** ขว้างหินจากชั้น 4 ของตึกขึ้นไปในแนวดิ่ง ด้วยความเร็ว 10 m/s ณ จุดที่มีความสูง 14 เมตร จงหาว่าก้อนหินใช้เวลาอยู่ในอากาศนานเท่าใดจึง ตกถึงพื้น และความเร็วขณะถึงพื้นเป็นเท่าใด




หาความเร็วสุดท้าย

$$v^2 = u^2 + 2gs$$

$$v^2 = (10)^2 + 2(-9.8)(-14) = 374.7$$

$$v = 19.36$$

ความเร็วต้นมีทิศเป็นลบ ความเร็วปลายมีทิศเป็นบวก

จาก $v = u + gt$

$$t = \frac{v-u}{g} = \frac{(-19.36)-10}{-9.8} = 2.99\ s$$

**ที่มา**: https://chapter3motion.wordpress.com/การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง/

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้

## แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้

ชื่อครูผู้สอนนางสาวนันทชา อัมฤทธิ์ สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชา ปฏิบัติการฟิสิกส์1 (ว 30207) เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ชื่อผู้สังเกต.......................................................................................................

ตำแหน่ง ☐ ผู้วิจัย

☐ ผู้เชี่ยวชาญ ..........................................................................

วัน/เดือน/ปี ที่ทำการ

สังเกต.............................................................................................................

ช่วงเวลาสังเกตตั้งแต่เวลา..................................น. ถึงเวลา ..........................................น.

---

**คำชี้แจง** โปรดสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนภายในชั้นเรียน และบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็นลงในข้อคำถามที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง

**ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา** เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

กรุณาบันทึกในประเด็นต่อไปนี้

1. สถานการณ์ปัญหาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่อย่างไร

2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่อย่างไร

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

**ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงและระบุปัญหา** เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

กรุณาบันทึกในประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร
2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

**ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน** เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

กรุณาบันทึกในประเด็นต่อไปนี้

1. กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร
2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

.......................................................................................................................................

**ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง** เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

1. กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร
2. ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดและความสามารถการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

**ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง** เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

กรุณาบันทึกในประเด็นต่อไปนี้

กิจกรรมในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

**ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน** เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

กรุณาบันทึกในประเด็นต่อไปนี้

ครูทำการประเมินความสามารถการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ตรงตามความต้องการหรือไม่ อย่างไร

.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................
.......................................................................................................................................

| | |
|---|---|
| ลงชื่อ............................................. | ลงชื่อ........................................ |
| (.........................................) | (..............................................) |
| ผู้รับการสังเกต | ผู้สังเกต |

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนผลการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

**แบบสะท้อนผลการเรียนรู้สำหรับนักเรียน**

ชื่อครูผู้สอนนางสาวนันทชา อัมฤทธิ์ สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชา ปฏิบัติการฟิสิกส์1 (ว 30207) เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

วัน/เดือน/ปี ที่ทำการสะท้อนผล..........................................................................................

**คำชี้แจง** โปรดบันทึกความคิดเห็นของนักเรียนตามความเป็นจริง

| คำถาม | คำตอบ |
|---|---|
| 1. นักเรียนคิดว่า**ระยะเวลา**ในการจัดกิจกรรมเหมาะสมหรือไม่เพราะเหตุใด | |
| 2. นักเรียนคิดว่า**เกิดปัญหา**อะไรในการจัดกิจกรรมครั้งนี้ | |

| คำถาม | คำตอบ |
| --- | --- |
| 3. นักเรียนคิดว่า**ระยะเวลา**ในการจัดกิจกรรมเหมาะสมหรือไม่เพราะเหตุใด | |
| 4. นักเรียนคิดว่า**เกิดปัญหา**อะไรในการจัดกิจกรรมครั้งนี้ | |
| 5. พฤติกรรมต่อไปนี้ นักเรียนคิดว่า นักเรียนสามารถทำสิ่งใดได้เพราะอะไร?<br>- กำหนดปัญหา<br>- อธิบายสาเหตุของปัญหา<br>- เสนอวิธีการแก้ปัญหา<br>- เลือกวิธีการแก้ปัญหา<br>- นำวิธีการแก้ปัญหามาปฏิบัติจริง | |
| 6. นักเรียน**ได้เรียนรู้**อะไรบ้างจากกิจกรรมในครั้งนี้(เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์) | |

มหาวิทยาลัยนเรศวร

| คำถาม | คำตอบ |
|---|---|
| 7. นักเรียนต้องการให้ครู**เพิ่มเติม**อะไรบ้างในการสอนครั้งต่อไป | |
| 8. นักเรียนจะให้คะแนนกิจกรรมนี้กี่คะแนนจาก 10 คะแนน | |
| 9. ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ | |

ลงชื่อผู้สะท้อน.......................................................................

(.........................................................................)

มหาวิทยาลัยนเรศวร