# การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

พีรภาส ถุงเสน

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ตุลาคม 2562
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์”

ของ นายพีรภาส ถุงเสน

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

**คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์**

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน คูเจริญไพศาล)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ)

อนุมัติ

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มุณีสว่าง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

17 ต.ค. 2562

# ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จไปด้วยดี โดยมีความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยครั้งนี้ และยังคอยกระตุ้นให้มีกำลังใจในการดำเนินการวิจัย และช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน คูเจริญไพศาล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายในที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาและการรายงานผลการวิจัยในครั้งนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยทางการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณครูมะลิวัลย์ ไชยโย ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเชียงกลาง "ประชาพัฒนา" อำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน ที่ให้การช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งตรวจสอบและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวิจันในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา ของโรงเรียนเชียงกลาง "ประชาพัฒนา" จังหวัดน่าน และคณะครูจากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บุคลากร และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยและให้ความร่วมมือและช่วยเหลือ จนกานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า กานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีและรายวิชาวิทยาศาสตร์ตลอดไป

พีรภาส ถุงเสน

| | |
|---|---|
| **เรื่อง** | การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ |
| **ผู้วิจัย** | พีรภาส ถุงเสน |
| **ประธานที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ |
| **กรรมการที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์ |
| **ประเภทสารนิพนธ์** | วิทยานิพนธ์ กศ.ม., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562 |
| **คำสำคัญ** | การเรียนรู้แบบสืบเสาะ เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ |

## บทคัดย่อ


การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 42 คน ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง พอลิเมอร์ ได้แก่ โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์, ผลิตภัณฑ์พลาสติก, ผลิตภัณฑ์เส้นใย, ผลิตภัณฑ์ยาง โดยใช้ใบกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 ชุด เก็บข้อมูลนักเรียนในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ หลังการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ที่ตีความและอธิบายถึงการแสดงออกของตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นอันเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับ

เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการแสดงออกของตัวบ่งชี้ที่ 2 และ 3 สูงที่สุดในระดับดีซึ่งเกี่ยวกับความสามารถในการแสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์แล้วลงข้อสรุป และสามารถระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

| | |
|---|---|
| Title | ENHANCING GRADE 11TH STUDENTS' COMPETENCY TO INTERPRET DATA AND EVIDENCE SCIENTIFICALLY IN LEARNING POLYMER THROUGH INQUIRY – BASED LEARNING INTEGRATED WITH SCIENCE WRITING HEURISTIC TECHNIQUE |
| Author | Phiraphat Thungsen |
| Advisor | Assistant Professor Skonchai Chanunan, Ph.D. |
| Co-Advisor | Assistant Professor Wipharat Chuachuad Chaiyasith, Ph.D. |
| Academic Paper | Thesis M.Ed. in Science Education, Naresuan University, 2019 |
| Keywords | Inquiry – based learning, Science writing heuristic technique, Interpret data and evidence scientifically competency |


## Abstract

The objective of this research was to examine the development of students' competency to interpret data and evidence scientifically in learning polymer through inquiry–based learning integrated with science writing heuristic technique. The participants were 42 grade 11th students of the science classroom from a school in Nan of the 2018 academic year. For data collection, the researcher implemented the four developed lesson plans using Inquiry – based learning integrated with Science Writing Heuristic technique on structure and properties of polymers, plastic products, fiber products, and rubber products. The activity sheets and behavior observation form were used during the learning activities. In addition, the writing test of competency to interpret data and evidence scientifically on polymer was also used after implementing learning activities was completed. For data analysis, the researcher employed content analysis method to interpret and explain the expression of interpretation and identification as indicated and referred to students' competency to interpret data and evidence scientifically.

The results of this research were as follows: the student's competency to interpret data and evidence scientifically was improved progressively as affected by the inquiry–based learning integrated with science writing heuristic technique. Students expressed their competency at high level, especially indicators 2 and 3 which are about the ability of data analysis, interpretation of data, drawing appropriate conclusions, identifying the assumptions, scientific evidences and scientific reasoning accurately and completely after learning through inquiry-based learning integrated with science writing heuristic technique.

# สารบัญ


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | **บทนำ** | 1 |
| | ความเป็นมาของปัญหา | 1 |
| | คำถามการวิจัย | 9 |
| | จุดมุ่งหมายของการศึกษา | 9 |
| | ขอบเขตของการวิจัย | 9 |
| | นิยามศัพท์เฉพาะ | 10 |
| 2 | **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 13 |
| | หลักสูตรและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย | 15 |
| | สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | 21 |
| | การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ | 41 |
| | การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ | 50 |
| | การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ | 60 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 70 |
| 3 | **วิธีดำเนินงานวิจัย** | 76 |
| | กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย | 76 |
| | รูปแบบการวิจัย | 76 |
| | บริบทของโรงเรียนและห้องเรียน | 77 |
| | เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 78 |
| | การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 78 |
| | การเก็บรวบรวมข้อมูล | 94 |
| | การวิเคราะห์ข้อมูล | 96 |
| | ความน่าเชื่อถือของข้อมูล | 104 |

# สารบัญ (ต่อ)


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4 | **ผลการวิจัย** | 105 |
| | การรายงานผลการวิจัย | 105 |
| | ผลการพัฒนาในตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ | 106 |
| | ผลโดยรวมของการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ | 140 |
| 5 | บทสรุป | 143 |
| | สรุปผลการวิจัย | 143 |
| | อภิปรายผล | 145 |
| | ข้อเสนอแนะ | 150 |
| **บรรณานุกรม** | | 151 |
| **ภาคผนวก** | | 157 |
| **ประวัติผู้วิจัย** | | 218 |

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงตัวบ่งชี้และพฤติกรรมที่แสดงถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์..... | 23 |
| 2 | แสดงการเปรียบเทียบตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างในปี ค.ศ. 2006 และ ในปี ค.ศ. 2015..... | 26 |
| 3 | แสดงระดับของบริบทสำหรับการประเมินวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015..... | 28 |
| 4 | แสดงระดับของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015..... | 31 |
| 5 | แสดงตัวอย่างเกณฑ์ของระดับความสามารถในการแสดงประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางของ Jeong, H., et al (2007)..... | 34 |
| 6 | แสดงการสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้..... | 43 |
| 7 | แสดงความหลากหลายของห้องเรียนตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ต่อเนื่อง..... | 48 |
| 8 | แสดงขั้นตอนการสอนของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)..... | 54 |
| 9 | แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบบันทึกผลการทดลองตามแนวทางของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์..... | 59 |
| 10 | แสดงความสอดคล้องในแต่ละขั้นตอนการสอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์..... | 65 |
| 11 | แสดงลักษณะของกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์..... | 80 |
| 12 | แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์..... | 90 |
| 13 | แสดงคำถามวิจัย เครื่องมือ และเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล..... | 95 |
| 14 | แสดงรหัสข้อมูล (Coding) ตามกลุ่มตัวบ่งชี้..... | 96 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 15 | แสดงเกณฑ์ในแต่ละกลุ่มของระดับความสามารถของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์..... | 98 |
| 16 | แสดงรายละเอียดในแต่กลุ่มของระดับความสามารถตามตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์. | 98 |
| 17 | แสดงรายละเอียดในแต่กลุ่มของระดับความสามารถที่แสดงถึงพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์..... | 101 |
| 18 | แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น..... | 107 |
| 19 | แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตตัวบ่งชี้ที่ 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น..... | 109 |
| 20 | แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 1..... | 111 |
| 21 | แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 2 การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป..... | 113 |
| 22 | แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 2 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป..... | 116 |
| 23 | แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 2..... | 118 |
| 24 | แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 3 การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์..... | 120 |
| 25 | แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 3 ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์..... | 123 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 26 | แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 3..... | 126 |
| 27 | แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น..... | 128 |
| 28 | แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น..... | 131 |
| 29 | แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 4..... | 133 |
| 30 | แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย..... | 135 |
| 31 | แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย..... | 137 |
| 32 | แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 5..... | 139 |
| 33 | แสดงผลโดยรวมของการพัฒนาของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์..... | 141 |
| 34 | แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์..... | 163 |
| 35 | แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์..... | 196 |

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงกรอบการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ PISA 2015..... | 27 |
| 2 | แสดงตัวอย่างข้อสอบเรื่อง การอพยพของนก..... | 36 |
| 3 | แสดงสถานการณ์ที่กำหนดในข้อสอบเรื่อง การตรวจสอบพื้นผิวที่ลาดชัน..... | 37 |
| 4 | แสดงตัวอย่างข้อสอบเรื่อง การตรวจสอบพื้นผิวที่ลาดชัน..... | 38 |
| 5 | แสดงสถานการณ์ที่กำหนดในข้อสอบเรื่อง การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน.. | 39 |
| 6 | แสดงตัวอย่างข้อสอบเรื่อง การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน..... | 40 |
| 7 | แสดงแผนผังห้องเรียนที่ใช้ในการดำเนินการเก็บข้อมูลของการวิจัย..... | 95 |
| 8 | แสดงคำตอบการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น (S24, ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทพลาสติก, 18 กุมภาพันธ์ 2562)..... | 108 |
| 9 | แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น (ในระดับผ่าน)..... | 112 |
| 10 | แสดงคำตอบการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป (ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทเส้นใย, 25 กุมภาพันธ์ 2562)..... | 115 |
| 11 | แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป..... | 119 |
| 12 | แสดงคำตอบการระบุข้อสันนิษฐาน และประจักษ์พยาน อีกทั้งไม่สามารถเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์, 12 กุมภาพันธ์ 2562)..... | 122 |
| 13 | แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์..... | 127 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)

**ภาพ** **หน้า**


14 แสดงคำตอบของตัวบ่งชี้ที่ 4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น และตัวบ่งชี้ที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย (ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์)..... 130

15 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น..... 134

16 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย..... 140

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาของปัญหา

เป้าหมายของการศึกษา คือการเตรียมกำลังคนของชาติในอนาคตเพื่อให้นำความรู้มาใช้พัฒนาเศรษฐกิจเนื่องจากสังคมในโลกสมัยใหม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เยาวชนต้องได้รับการเตรียมตัวให้มีความพร้อมสำหรับการแข่งขัน ซึ่งการเตรียมตัวไม่จำกัดเพียงแต่ให้มีความรู้ที่ได้เรียนมาในโรงเรียนเท่านั้น แต่ยังต้องมีการสนับสนุนให้สามารถใช้ความรู้และทักษะในสถานการณ์และบริบทต่าง ๆ ได้ในการดำเนินชีวิตจริง นอกจากนี้เศรษฐกิจที่มั่นคงมีพื้นฐานอยู่บนคุณภาพของการศึกษาที่เยาวชนได้รับ การแข่งขันทางเศรษฐกิจจึงเป็นตัวผลักดันให้มีการตื่นตัวต่อการศึกษา และทำให้เกิดการแข่งขันความเป็นเลิศในทางการศึกษาอีกด้วย (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555, น. 1-2) ซึ่งสำหรับประเทศไทยนั้น ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีแนวคิดที่ถูกยอมรับเป็นแบบสากลที่กล่าวว่า "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเป็นพื้นฐานของการพัฒนาและการแข่งขันทางเศรษฐกิจ" ซึ่งการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์จะมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการให้นักเรียนทุกคนประเมินความสามารถของตนเองในการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาที่นักเรียนมีโอกาสที่จะเผชิญได้ในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, น. 3-5) โดยมีเป้าหมายสำหรับการศึกษาเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือต้องการให้นักเรียนเป็นผู้มีการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หมายถึง การที่บุคคลมีความสามารถเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็น และหลักการ แนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกับทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไตร่ตรอง (OECD, 2013, p. 3)

การประเมินผลการรู้วิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลของนักเรียนในระดับนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) ที่จัดโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development : OECD) เพื่อต้องการหาตัวชี้วัดว่านักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎีและหลักการ แนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ดีหรือไม่ เพื่อหาคำตอบให้กับระดับนโยบายและระดับปฏิบัติในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และในการประเมินต้องมีความชัดเจนเหมาะสมกับนักเรียนว่าควรรู้อะไร ทำอะไรได้ ให้คุณค่ากับอะไรได้ อาจต่างจากการเรียนการสอนและการประเมินผล

ตามปกติในโรงเรียน จึงได้มีการกำหนดกรอบการประเมินของ PISA ที่ประกอบไปด้วย บริบทของวิทยาศาสตร์ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และยังมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 1-2) สำหรับในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์จะเน้นให้ความสำคัญไปที่ด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อการดำรงชีวิตในสังคมได้ ซึ่งประกอบด้วย 3 สมรรถนะหลัก ได้แก่ 1) อธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ 2) ระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ 3) การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ PISA ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2006 จนถึงปี ค.ศ. 2015 พบว่า ในโครงการ PISA ได้มีการปรับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ให้มีความชัดเจนมากขึ้น และให้มีความสอดคล้องต่อการเรียนรู้ในสังคมปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วย 1) สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ 2) สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 48-51; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 20)

จากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ สมรรถนะที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากนั้นก็คือ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการที่บุคคลจะต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งแล้วลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสม สอดคล้องกับ Jeong, H., et al. (2007, p. 76) ระบุว่า การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถหนึ่งที่ช่วยให้บุคคลได้รู้จักอธิบายและสื่อความหมาย เพื่อลงข้อสรุปในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริงที่มีการถกเถียงกัน รวมทั้งข่าวสารที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่มีทั้งเรื่องที่จริงและเท็จ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนข้อสรุปให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น และยังสอดคล้องกับ Katherine, L., et al. (2017, pp. 674-675) ได้ระบุว่า สมรรถนะในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์นั้น เป็นการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเพื่อลงข้อสรุปที่ได้จากข่าวสารทางด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละวันที่มีทั้งข่าวจริงและเท็จ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนมีการรู้จักแยกแยะข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นในสังคม ทั้งข้อโต้แย้งที่มีหลักฐานน่าเชื่อถือในเชิงวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่ไม่น่าเชื่อถือจากแหล่งอ้างอิงที่หลากหลาย อย่างเช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร หากนักเรียนมีความสามารถด้านนี้ไม่ดีพออาจส่งผลต่อการคิดและการให้เหตุผลที่จะนำไปสู่การตัดสินใจอย่างไม่มีเหตุผล ซึ่งข้อมูลที่รับรู้นั้น อาจจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่ถูกต้อง โดยจากกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ

PISA ปี ค.ศ. 2015 ได้มีการกำหนดตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ตัวบ่งชี้ ซึ่งประกอบด้วย 1) การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น 2) วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป 3) ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยานและเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ 4) แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยาน และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น และ 5) การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 17)

จากการประเมินผลของโครงการ PISA ปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการจนถึงปี ค.ศ. 2015 ทราบได้ว่า คะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในไทยมีผลคะแนนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD กำหนดทุกครั้ง และเมื่อพิจารณาถึงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์จึงได้ทราบว่า โครงการ PISA ปี ค.ศ. 2006 ซึ่งเน้นประเมินผลการรู้วิทยาศาสตร์เป็นหลัก ซึ่งนักเรียนไทยมีคะแนนประเมินผลในด้านสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์สูงที่สุด (มากกว่า 40 %) เมื่อเทียบกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อื่น ต่อมาในปี ค.ศ. 2009 และปี ค.ศ. 2012 ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยกลับมีผลคะแนนของสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่ลดลงและต่ำที่สุด (ต่ำกว่า 40 %) เมื่อเทียบกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อื่นอีก 2 สมรรถนะ และต่อมาเมื่อถึงปี ค.ศ. 2015 ซึ่งเน้นประเมินผลการรู้วิทยาศาสตร์เป็นหลัก นักเรียนมีผลคะแนนของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ลดต่ำลงอีก (ต่ำกว่า 40 %) ดังนั้น การรายงานผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์จากหลายปีที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า นักเรียนไทยมีแนวโน้มผลคะแนนของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่ลดลง และนักเรียนส่วนใหญ่แสดงสมรรถนะในด้านนี้ต่ำกว่าระดับ 2 (ระดับพื้นฐานที่ OECD กำหนด) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้คะแนนสูงจะอยู่ในกลุ่มโรงเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์และโรงเรียนสาธิต ส่วนโรงเรียนที่อยู่ในกลุ่มสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ส่วนใหญ่จะมีคะแนนสมรรถนะในด้านนี้อยู่ในระดับต่ำและมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์รวมต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD กำหนด (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2551, น. 58; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, น. 57-58; โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 100-104)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นครูผู้สอนรายวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษา

โดยมีประเด็นคำถามของการสัมภาษณ์ที่เกี่ยวกับสภาพของการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีในชั้นเรียน และการปฏิบัติกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยยังได้ทำการบันทึกเสียงในขณะสัมภาษณ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการบันทึกเสียง มาวิเคราะห์โดยอาศัยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ที่เป็นการจัดระเบียบข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และทำการถอดเทปบันทึกเสียง ให้รหัส จัดกลุ่ม และลงข้อสรุป เพื่อให้ทราบถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ทำการพิจารณาใบงานของนักเรียนที่ได้จากการทำกิจกรรมรายวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยครูผู้สอนของโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ไปเก็บข้อมูลเป็นผู้ออกแบบกิจกรรมที่มีลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการทดลองทางวิทยาศาสตร์เป็นหลักเพื่อให้นักเรียนได้มีการอธิบายผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ได้ออกแบบการทดลองและการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง มีการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลแล้วลงข้อสรุปบนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ใบงานที่มีลักษณะให้นักเรียนได้เขียนคำตอบตามข้อคำถามหรือประเด็นปัญหาที่กำหนดให้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลของนักเรียน สอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ อ้างอิงจากองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ปี ค.ศ. 2013 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบในใบงานของนักเรียนแต่ละคนโดยอาศัยการวิเคราะห์เนื้อหา และจัดกลุ่มตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 สมรรถนะ ซึ่งได้แก่ กลุ่มที่ 1) สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ 2) สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ 3) สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (OECD, 2013, p. 7) ร่วมกับผลคะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่ครูผู้สอนรายวิชาเคมีเป็นผู้ตรวจสอบและให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด จึงได้พบปัญหาว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากการสืบค้น หรือการทดลองเพื่อนำไปลงข้อสรุปได้ 2) นักเรียนส่วนใหญ่นำเสนอข้อมูลหรือคำกล่าวอ้าง โดยขาดการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปของตนเอง และ 3) เมื่อมีผลการทดลองที่แตกต่างไปนักเรียนไม่สามารถใช้ประจักษ์พยานที่มีอยู่มาใช้ในการโต้แย้งและให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่านักเรียนมีความบกพร่องเกี่ยวกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มที่ 3) สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีความสอดคล้องกับการรายงานผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ในโครงการ PISA ของนักเรียนในประเทศไทยที่บ่งบอกว่า นักเรียนมีผลคะแนนของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต่ำลง และ

นักเรียนส่วนใหญ่แสดงสมรรถนะในด้านนี้ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน จึงทำให้ผู้วิจัยต้องพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวของนักเรียนให้ดีมากขึ้น

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้รายวิชาทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันครูผู้สอนมักจัดกิจกรรมในชั้นเรียนที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้มีการคิดด้วยการใช้หลักการ เหตุผล และแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริงได้ โดยส่วนใหญ่มักใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ และนำเสนอคำอธิบายที่เชื่อมโยงกับประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ เพื่อสื่อสารให้บุคคลอื่นได้เข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ทำการศึกษา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้ในชั้นเรียน เพราะการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่มากขึ้นจะช่วยฝึกให้นักเรียนได้มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสร้างคำอธิบายเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์และการแปลความหมายข้อมูล เป็นต้น (National Research Council, 2012, pp. 42-43) แม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้หลายด้าน แต่ยังคงมีข้อจำกัดบางอย่างที่มีผลต่อความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่น การระบุประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนมักลงข้อสรุปของตนเองที่ไม่เชื่อมโยงกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานที่ได้รับ ทำให้ข้อสรุปของนักเรียนที่สร้างขึ้นขาดความน่าเชื่อถือ อีกทั้งยังขาดการสนับสนุนให้นักเรียนได้มีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและหลักฐานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง (Katherine, L., 2008, pp. 122-123) อีกทั้งข้อจำกัดดังกล่าวยังมีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาในชั้นเรียนของ อรพรรณ ธนะขว้าง (2558, น. 4) ที่ได้ระบุว่า นักเรียนได้ลงข้อสรุปที่ขาดการเชื่อมโยงกับหลักฐานจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ข้อสรุปของนักเรียนไม่มีความน่าเชื่อถือ และยังส่งผลทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่ไม่น่าพึงพอใจ และยังสอดคล้องกับสภาพปัญหาในชั้นเรียนของ จิรารัตน์ แสงศร (2559, น. 3) ได้ระบุว่า นักเรียนไม่สามารถระบุข้อสันนิษฐาน หลักฐานและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนรู้ รวมถึงไม่มีการกล่าวอ้างถึงหลักฐานที่นำมาสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง ซึ่งสภาพปัญหาดังกล่าวส่งผลถึงตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

อีกทั้งในการวิจัยของ Gormally, C., et al. (2009, pp. 13-14) ระบุว่า สำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลถึงการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีมากขึ้น ครูจำเป็นต้องผสมผสานวิธีการสอนหรือเทคนิคการสอนอื่น ๆ เข้าไปช่วยให้มีการพัฒนาสมรรถนะได้ครบทุกด้าน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีจุดเด่น คือ นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และได้ออกแบบวิธีหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของการทดลอง หรือการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และนักเรียนต้องเก็บรวบรวม การวิเคราะห์ รวมไปถึงการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับและประมวลผลความรู้เพื่อสร้างคำอธิบายที่เป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ซึ่งอาจมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งถูกมองข้ามไป เช่น การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ขาดการให้ความสำคัญกับการระบุหลักฐานและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นต้น (นิพนธ์ จันเลน, 2557, น. 4) และในการวิจัยของ Arief M. K. (2015, p. 124) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แม้จะเป็นรูปแบบการสอนที่มีความนิยมสำหรับนำมาใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ก็มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนส่วนใหญ่มักเน้นไปที่การทำการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง เพื่อสร้างคำอธิบายหรือลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ จึงขาดการให้ความสำคัญกับการระบุประจักษ์พยานที่เชื่อมโยงไปสู่ข้อสรุปที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งในการระบุประจักษ์พยานจะเป็นการเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ว่าประจักษ์พยานที่ได้รับนั้น สามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปได้หรือไม่ จากคำกล่าวเหล่านี้จะส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องมีการใช้เทคนิคการสอนอื่น ๆ เข้ามาช่วยในการจัดการเรียนรู้ (เตชทัต เรืองธรรม, 2559, น. 11)

ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีเทคนิคการสอนรูปแบบหนึ่งที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้นั้นคือ เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic: SWH) เป็นเทคนิคการสอนที่ใช้กลยุทธ์การเขียนร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ควบคู่ไปกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียน และยังให้ความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายและโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) โดยนักเรียนจะต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลองและใช้ข้อมูลความรู้เดิมเพื่อสร้างและสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม มีการอภิปรายและเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนทั้งในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม เพื่อเสริมความเข้าใจในแนวคิดและสร้างองค์ความรู้โดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม รวมทั้งสามารถประเมินตนเอง โดยตรวจสอบได้ว่าความรู้เดิมที่มีนั้นมี

ความคาดเคลื่อนหรือถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ โดยถูกนำเสนอขั้นตอนการสอนไว้ 8 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ 1) ขั้นการกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) 2) การทดสอบ (Tests) 3) สังเกต (Observation) 4) ข้อสรุป (Claim) 5) การระบุประจักษ์พยาน (Evidence) 6) การอ่าน (Reading) 7) การสะท้อนความคิด (Reflection) 8) การเขียน (Writing) (เตชทัต เรืองธรรม, 2559, น. 7-8) ซึ่งสาเหตุที่เทคนิคการสอนนี้มีความเหมาะสมในการเข้ามาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จะมีการจดบันทึกและเขียนเรื่องราวต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งที่ศึกษา อีกทั้งการเขียนยังเป็นตัวขับเคลื่อนกระบวนการคิดซึ่งเป็นหัวใจที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และยังเปิดโอกาสให้บุคคลมีอิสระในการเขียนเพื่อทำความเข้าใจกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ทำการศึกษาได้มากขึ้น (สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2557, น. 207)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับขั้นการสอนโดยศึกษากรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จาก Pedaste, M., et al. (2015, pp. 50-51) เนื่องจากมีรูปแบบการสอนที่ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการสืบค้นข้อมูลและการทดลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้อง อีกทั้งศึกษาขั้นการสอนและรูปแบบกิจกรรมเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ของ เตชทัต เรืองธรรม (2559, น. 7-11) เนื่องจากมีรูปแบบการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับการอธิบายและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แล้วทำการปรับขั้นการสอนให้มีความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นการสอน 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) 2) ขั้นการทดลอง (Experimentation) 3) ขั้นการสังเกต (Observation) 4) ขั้นการลงข้อสรุป (Claim) 5) ขั้นการระบุประจักษ์พยาน (Evidence) 6) ขั้นการสังเคราะห์และการโต้แย้ง (Synthesis and Argumentation) 7) ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflection) 8) ขั้นการเขียน (Writing) ซึ่งมีจุดเด่นที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยขั้นการสอนที่ 4) ขั้นการลงข้อสรุป และขั้นที่ 5) ขั้นการระบุประจักษ์พยาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนมีการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากประจักษ์พยาน แล้วลงข้อสรุปของตนเอง และเน้นให้นักเรียนระบุโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง เพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง (Burk, K.A., et al., 2006, pp.1032-1033) และในขั้นสอนที่ 6) ขั้นการสังเคราะห์และการโต้แย้ง ยังสามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนบนพื้นฐานของหลักฐานที่ได้จากการทำการทดลองและการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น เพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างและสามารถนำผลการทดลองที่แตกต่างกันมาโต้แย้งบนพื้นฐาน

ของผลการทดลอง หรือหลักฐานต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบค้นจากแหล่งที่มาที่หลาหลายซึ่งนำไปสู่การลงข้อสรุปที่มีความน่าเชื่อถือได้มากขึ้น (Akkus, R., et al., 2007, pp. 1746-1747; Pedaste, M., et al., 2015, p. 51) และในขั้นตอนสุดท้ายขั้นที่ 8) ขั้นการเขียน นักเรียนจะต้องเขียนอธิบายความเข้าใจของตนเอง และแสดงแนวคิดหลักบนพื้นฐานของผลการทดลอง และประจักษ์พยานต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบค้นที่มีอยู่ เพื่อเป็นการเสนอข้อมูลทั้งหมด โดยจะต้องมีการเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาที่เรียน เพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ ตั้งแต่ตอนเริ่มต้น (เตชทัต เรืองธรรม, 2559, น. 9; Burk, K.A., et al., 2006, p. 1035)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาในรายวิชาเคมีและพิจารณาความเหมาะสมโครงสร้างรายวิชาที่หลักสูตรกำหนดจึงพบว่า ในเนื้อหาเรื่อง พอลิเมอร์ ซึ่งถูกจัดอยู่ในบทเรียนเรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ เป็นเนื้อหาที่มีความน่าสนใจในการเรียนรู้เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวมีความสอดคล้องกับความรู้ทางด้านเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินผลของ PISA ในปี ค.ศ. 2015 ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบทางกายภาพ (Physical systems) ที่ใช้ความรู้เรื่องโครงสร้างของสาร สมบัติของสสาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และเนื้อหานี้ยังสามารถจัดสถานการณ์และบริบทของวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจในแนวคิด หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาจากบทเรียน เพื่อมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 13-18) ซึ่งในบทเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดในเรื่อง พอลิเมอร์ ที่เป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียนเนื่องจากเนื้อหาวิชาจะเน้นนำความรู้เชื่อมโยงไปสู่การประยุกต์ใช้ นักเรียนจึงอาจมีแนวคิดที่คาดเคลื่อน ซึ่งจะส่งผลต่อการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ เพื่อการกำจัดและการคัดแยกขยะพลาสติก รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ในการช่วยลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ (ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร, 2560, น. 1042) ดังนั้น เนื้อหาสาระของเรื่องนี้จึงมีความสอดคล้องและความเหมาะสมที่ผู้วิจัยจะสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

จากปัญหาดังกล่าวรวมถึงสาเหตุที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเห็นได้ว่าสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่สำคัญและยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการเรียนรู้วิชาเคมีเรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม

**คำถามการวิจัย**

สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ เป็นอย่างไร หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

**จุดมุ่งหมายของการศึกษา**

เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

**ขอบเขตของการวิจัย**

**ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล**

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนกลุ่มวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2561 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน จำนวน 1 ห้องเรียน มีทั้งหมด 42 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งนักเรียนห้องนี้มีความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมต่ำกว่านักเรียนห้องอื่น ๆ โดยพิจารณาจากผลคะแนนของการทำกิจกรรมรายวิชาเคมีของนักเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

**ขอบเขตด้านเนื้อหา**

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยอยู่ในรายวิชาเพิ่มเติม รายวิชาเคมี 4 รหัสวิชา ว32224 เรื่องที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้คือ เรื่อง พอลิเมอร์ จัดอยู่ในบทเรียนเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีเรื่องย่อยที่จะนำมาใช้สอนจะประกอบด้วย 4 เรื่อง ใช้เวลา 12 ชั่วโมง จำนวน 4 สัปดาห์ ได้แก่

1. โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ (3 ชั่วโมง)
2. ผลิตภัณฑ์พลาสติก (3 ชั่วโมง)
3. ผลิตภัณฑ์เส้นใย (3 ชั่วโมง)
4. ผลิตภัณฑ์ยาง (3 ชั่วโมง)

**ขอบเขตด้านตัวแปร**: ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์
2. ตัวแปรตาม คือ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. **สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์** (Interpret data and evidence scientifically)

หมายถึง ความสามารถในการสื่อความหมายของข้อมูลที่ได้เพื่อนำมาสร้างคำอธิบายของตนเอง หรือคำกล่าวอ้างที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยาน ที่รวมถึงข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายถึงประเด็นสำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในบริบทที่กำหนดให้ ซึ่งมีตัวบ่งชี้ย่อยดังนี้

1.1 แปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบอื่น เป็นการแปลงข้อมูลจากตารางเป็นรูปแบบการเขียนข้อความเพื่ออธิบาย

1.2 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยทำการสังเกตและจดบันทึกลงในใบกิจกรรม แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาเรียบเรียงและลงข้อสรุปในแบบของตนเอง

1.3 ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เป็นการเน้นให้เขียนระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่สนับสนุนข้อสรุปของตนเอง พร้อมให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ประกอบการอธิบาย

1.4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น เป็นการแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากผลการทดลองหรือการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์กับขอโต้แย้งที่มาจากประสบการณ์จากผู้อื่น

1.5 การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เป็นการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากการสืบค้นใน หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร หรือจากคำกล่าวอ้างของผู้อื่นที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยาน

โดยเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผลจากการตรวจสอบใบกิจกรรม เรื่อง พอลิเมอร์ ผลจากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ ที่ผู้วิจัยดัดแปลงและสร้างขึ้นตามแนวทางของกรอบการประเมินของ PISA 2015

2. **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์** (Inquiry based learning integrated with science writing heuristic technique)

หมายถึง การเรียนรู้ด้วยกระบวนสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียน ควบคู่กับกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง ที่ให้ความสำคัญในการจัดกิจกรรมทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ผ่านการจดบันทึกและการเขียนขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้

และมีการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูลจากการทดลองและการสืบค้นเพื่อใช้ในการสร้างข้อสรุปและข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของประจักษ์พยานที่มีอยู่ ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่

**ขั้นที่ 1 ขั้นการกำหนดปัญหา/คำถาม** (Beginning idea)

นักเรียนทำการกำหนดปัญหา และตั้งคำถามเริ่มต้นก่อนทำกิจกรรม ซึ่งคำถามต้องเป็นสิ่งที่สามารถหาคำตอบได้จากการทดลอง โดยครูเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ที่มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงกับบทเรียนในเรื่อง พอลิเมอร์

**ขั้นที่ 2 ขั้นการทดลอง** (Experimentation)

แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น กลุ่มละ 6 คน จำนวน 7 กลุ่ม เพื่อทำกิจกรรมการทดลองโดยนักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันออกแบบ และวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น การสร้างตารางเพื่อใช้บันทึกผลการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และรูปแบบการนำเสนอข้อมูล แล้วทำการทดลอง

**ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต** (Observation)

นักเรียนทำการสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทดลองแล้วทำการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนออกแบบไว้ ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่ในการกระตุ้นนักเรียน โดยเดินเข้าไปยังกลุ่มของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้คำแนะนำในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน

**ขั้นที่ 4 ขั้นลงข้อสรุป** (Claim)

นักเรียนทำการวิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และการแปลงข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบของการเขียนอภิปรายผลการทดลองของตนเองร่วมกับเพื่อน ๆ เพื่อสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง

**ขั้นที่ 5 ขั้นการระบุประจักษ์พยาน** (Evidence)

นักเรียนเขียนอธิบายถึงประจักษ์พยานที่มีอยู่ เพื่อนำมาสนับสนุนข้อสรุป ซึ่งเป็นการพิสูจน์ข้อสรุปของนักเรียนที่ได้โดยใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองเหล่านั้น

**ขั้นที่ 6 ขั้นการสังเคราะห์และการโต้แย้ง** (Synthesis and Argumentation)

นักเรียนทำการสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่น เช่น หนังสือเรียนเพิ่มเติม เอกสารใบความรู้ วารสารวิทยาศาสตร์ หรืออินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาสนับสนุนผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ให้มีความน่าเชื่อถือ โดยมีการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นร่วมกันภายในกลุ่ม แล้วทำการเรียบเรียงข้อมูลด้วยวิธีการเขียน และนำเสนอข้อมูลทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของเพื่อนกลุ่มอื่น มีการเสนอความคิดเห็นและข้อโต้แย้งกันระหว่างกลุ่มเพื่อเป็นการหาข้อสรุปที่ดีที่สุด โดยใช้ชุดข้อมูลที่นักเรียนมีอยู่เป็นหลักฐานในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

**ขั้นที่ 7 ขั้นการสะท้อนความคิด** (Reflection)

นักเรียนทำการสำรวจแนวคิดของตนเองว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร หลังจากการโต้แย้งและอภิปรายร่วมกันทั้งภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม และข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงภายนอก โดยอธิบายว่ามีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเองเพราะอะไร พร้อมระบุเหตุผลประกอบ

**ขั้นที่ 8 ขั้นการเขียน** (Writing)

นักเรียนมีการเขียนอธิบายความเข้าใจหลังจากผ่านกิจกรรมทั้งหมดเพื่อแสดงถึงแนวความคิดของตน บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดลองผ่านการเขียนรายงานผลการทำกิจกรรม ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาสาระที่เรียน เพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ตอนเริ่มต้น

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

**เอกสารที่เกี่ยวข้อง**

1. หลักสูตรและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
    1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมในสถานศึกษา
    1.2 ความสำคัญของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์
    1.3 มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้รายวิชาเคมีที่เกี่ยวข้อง
2. สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์
    2.1 ความเป็นมาของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์
    2.2 ความหมายของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์
    2.3 การเปรียบเทียบตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างปีค.ศ. 2006 และ ปีค.ศ. 2015
    2.4 การวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย
    2.5 ลักษณะของข้อสอบและตัวอย่างแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA
3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    3.2 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    3.3 ความหลากหลายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    3.4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ต่อเนื่อง

3.5 ข้อดีและข้อจำกัดสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

4.3 บทบาทครูผู้สอนและนักเรียนในการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

4.4 การใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติทดลองทางวิทยาศาสตร์

4.5 การวัดและประเมินผลในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

5. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5.2 ความสำคัญและเงื่อนไขสำหรับการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5.3 ขั้นตอนการสอนสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

**หลักสูตรและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย**

**1. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมในสถานศึกษา**

**เป้าหมายของวิทยาศาสตร์**

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ เข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา หรือการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7. เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

**เป้าหมายของวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม**

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นมาให้สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์ และระบบอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน โดยการมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเรียนจำเป็นต้องมี วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง สรุปได้ดังนี้

1. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาสาระ ระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐาน และผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้ และการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มขึ้น

2. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ ะโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกัน แล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง เช่น

2.1 เรื่องสารชีวโมเลกุล เดิมเรียนทั้งในสาระชีววิทยา และเคมี ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระชีววิทยา

2.2 เรื่องปิโตรเลียม เดิมเรียนทั้งในสาระเคมี และโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

2.3 เรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล ไอโซโทปกัมมันตรังสี ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมี และเรื่องพลังงานนิวเคลียร์ จัดให้เรียนในสาระฟิสิกส์ เนื่องจากเดิมเนื้อหาเหล่านี้ทับซ้อนกันในสาระเคมีและฟิสิกส์

2.4 เรื่องการทดลองของทอมสัน และการทดลองของมิลลิแกน เดิมเรียนทั้งในสาระเคมี และฟิสิกส์ ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมี

3. ลดความซ้ำซ้อนกันระหว่างระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เช่น

3.1 เรื่องระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา ได้ปรับให้สาระการเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรม มีความแตกต่างกันตามความเหมาะสมของระดับผู้เรียน

3.2 เรื่องเทคโนโลยีอวกาศ การเกิดลม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก พายุ และมรสุม ได้มีการปรับให้สาระการเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรม เรียนต่อเนื่องกันจากระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไปสู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อไม่ให้ซ้อนทับกัน

4. ลดทอนเนื้อหาที่ยาก เพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มของผู้เรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. มีการเพิ่มเนื้อหาด้านต่าง ๆ ที่มีความทันสมัย สอดคล้องต่อการดำรงชีวิต

**2. ความสำคัญสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์**

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์ได้มีการพัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดแบบสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้และมีความสามารถในการ

แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่สามารถตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีเหตุผลสร้างสรรค์และมีคุณธรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหมายให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าและการสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

2.1 สิ่งมีชีวิตกับการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งที่มีชีวิต การวิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต อีกทั้งเทคโนโลยีชีวภาพ

2.2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่มีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อม

2.3 สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันกับอนุภาค การเปลี่ยนแปลงสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และรวมทั้งการแยกสาร

2.4 แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำที่มีต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่ในรูปแบบที่มีความหลากหลายในชีวิตประจำวัน

2.5 พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง และเสียง วงจรไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในโลก โครงสร้าง องค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณีสมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และมีบรรยากาศ กระบวนการ

ของเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

2.7 ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี รวมทั้งระบบเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญสำหรับเทคโนโลยีอวกาศ

2.8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

3. **มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้รายวิชาเคมีที่เกี่ยวข้อง**

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่านที่ผู้วิจัยได้เลือกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการวิจัยจัดอยู่ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้เรื่อง พอลิเมอร์ และเนื้อหาอยู่ในสาระการเรียนรู้ที่ 3 สารและสมบัติของสาร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

**โครงสร้างรายวิชา**

รายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาเพิ่มเติม เคมี 4 รหัสวิชา ว32224 เวลาเรียน 80 ชั่วโมง เวลาเรียนจำนวน 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2.0 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 2

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ จำนวน 36 ชั่วโมง

1. ถ่านหิน จำนวน 4 ชั่วโมง
2. หินน้ำมัน จำนวน 4 ชั่วโมง
3. ปิโตรเลียม จำนวน 12 ชั่วโมง
4. พอลิเมอร์ จำนวน 12 ชั่วโมง
5. ภาวะมลพิษที่เกิดจากการผลิตและการใช้งานผลิตภัณฑ์ จำนวน 4 ชั่วโมง

**ประเด็นเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำเนื้อหาในเรื่อง พอลิเมอร์ เพราะลักษณะของเนื้อหาเป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และที่สำคัญเนื้อหาในเรื่องนี้สามารถจัดสถานการณ์และบริบทได้ง่ายต่อการทำกิจกรรม อีกทั้งในเรื่องพอลิเมอร์ นั้นเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวของนักเรียน และเนื้อหามีวัสดุที่สามารถจับต้องได้ ซึ่งมีประเด็นหรือสาระการเรียนรู้ที่สรุปได้ ดังนี้

พอลิเมอร์เป็นสารประกอบที่มีโลเลกุลที่มีขนาดใหญ่ เกิดจากมอนอเมอร์จำนวนมากเชื่อมโยงต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ มีทั้งที่เกิดในธรรมชาติและสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ ปฏิกิริยาที่มอนอเมอร์รวมกันเป็นพอลิเมอร์ เรียกว่า ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน อาจเป็นการควบแน่นหรือแบบเติม โดยพอลิเมอร์มีหลายชนิดแต่ละชนิดมีสมบัติบางประการที่เหมือนกันและบางประการมีความแตกต่างกัน เราสามารถนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกันตามสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดนั้น เช่น การใช้พลาสติกทำภาชนะบรรจุอาหาร การใช้เส้นใยสังเคราะห์ทำเครื่องนุ่งห่ม และการใช้ยางในการเป็นฉนวนกันไฟฟ้าหรือใช้ยางทำเป็นถุงมือเพื่อป้องกันอันตรายจากการสัมผัสสารเคมี เป็นต้น โดยการนำพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่นำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันบางชนิดสลายตัวได้ยาก การที่ใช้อย่างฟุ่มเฟือยและไม่ระมัดระวังอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

**มาตรฐานการเรียนรู้**

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ว 8.1 ม.4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์อีกทั้งความสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้นที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4-6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4-6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีการที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ว 8.1 ม.4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผลและใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 ม.4-6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน อธิบายเกี่ยวกับแนวคิดกระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

**คำอธิบายรายวิชาที่เกี่ยวข้อง**

ศึกษาและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวกับ เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ การเกิดถ่านหิน การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน การเกิดหินน้ำมัน การใช้ประโยชน์จากหินน้ำมัน การเกิดปิโตรเลียม การสำรวจปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมันดิบ การแยกแก๊สธรรมชาติ ปิโตรเคมีภัณฑ์ พอลิเมอร์ ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ พลาสติก เส้นใย ยาง พอลิเมอร์สังเคราะห์ และภาวะมลพิษที่เกิดจากการผลิต รวมทั้งการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ มลภาวะทางอากาศ มลภาวะทางน้ำ มลภาวะทางดิน

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ โดยใช้การจัดเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะหาความรู้ สำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

**ผลการเรียนรู้**

1. สามารถอธิบายความหมายของพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ พลาสติก เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และกระบวนการวัลคาไนเซชันได้

2. อธิบายการเกิดพอลิเมอร์และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติพอลิเมอร์

3. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิด รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้

4. อธิบายความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ได้

5. สามารถอธิบายผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

**สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

**1. ความเป็นมาของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ โดยถูกปรับชื่อมาจากในการประเมินผลโครงการ PISA ในปี ค.ศ. 2006 ที่มีชื่อของสมรรถนะเดิมว่า การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ และต่อมาในการประเมินผลโครงการ PISA ในปี ค.ศ. 2015 ได้ปรับใช้เป็นชื่อ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในปี ค.ศ. 2006 โครงการประเมินผลนักเรียนระดับนานาชาติ (PISA) มีการกำหนดให้สมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการวัดการรู้วิทยาศาสตร์ของเยาวชน ซึ่งสมรรถนะของการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Using Scientific Evidence) หรือเรียงโดยย่อว่า USE สมรรถนะนี้จะต้องให้นักเรียนรู้ความหมายและความสำคัญของสิ่งที่ทำการค้นพบด้วยกระบวนการทางวิทยาสาสตร์และนำมาใช้เป็นพื้นฐานการคิด การกล่าวอ้าง และการสื่อสาร จนนำไปสู่การลงข้อสรุป ซึ่งต้องใช้ความรู้ และกระบวนการที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หรือทั้งสองอย่าง การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนต้องแสดงถึงความสามารถ (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2551, น. 18) ดังต่อไปนี้

1. รู้ว่าจะต้องใช้ประจักษ์พยานใด แสดงว่ามีความเข้าใจว่าต้องมีข้อมูลหรือหลักฐานใดจากการค้นคว้า การรวบรวมข้อมูล รองรับหรือเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างคำอธิบาย การกล่าวอ้าง การลงข้อสรุป หรือการทำนาย รวมทั้งการสร้างข้อโต้แย้ง

2. สร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน และข้อมูล การประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยาน หรือหลักฐานหรือไม่ คำถามประเภทนี้อาจทำให้นักเรียนวิเคราะห์รวมถึงมีการวิจารณ์คำกล่าวอ้างที่ยกมา โดยให้วิเคราะห์ว่าคำกล่าวอ้างนั้นได้ลงข้อสรุปออกมาตรงตามที่กำหนดหรือไม่ หรืออาจจะให้ข้อมูลหรือประจักษ์พยานมาแล้วให้นักเรียนลงข้อสรุปจักประจักษ์พยานที่มีอยู่ หรืออาจจะให้นักเรียนใช้เหตุผลวิเคราะห์วิจารณ์ข้อสรุงทั้งในทางเห็นด้านและคัดค้าน

3. สื่อสารข้อสรุป การสื่อสารข้อมูลเฉพาะ หรือข้อสรุปจากประจักษ์พยาน และข้อมูลจะเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้งจากสถานการณ์และข้อมูลที่กำหนดให้โดยสื่อสารออกมาอย่างชัดเจนให้ผู้รับข่าวสารเข้าใจได้

4. การแสดงออกว่ามีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในข้อนี้จะวัดว่านักเรียนแสดงว่ามีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการนำแนวคิด (Concept) นั้น ๆ ไปใช้ได้ใน

สถานการณ์ที่กำหนดให้หรือไม่ มีการอธิบายถึงความสัมพันธ์หรือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงหรืออาจจะให้นักเรียนคาดการณ์ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้นบ้างถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางอย่างหรือให้ชี้บอกว่าตัวแปรหรือปัจจัยใดมีส่วนทำให้เกิดผลตามที่กำหนดให้ โดยให้นำแนวคิดทางวิทยาสาสตร์มาปรับใช้

ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 2015 ได้ปรับเปลี่ยนชื่อมาจากสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Using Scientific Evidence) ไปเป็นสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret Data and Evidence Scientifically) ซึ่งรายละเอียดและตัวบ่งชี้ของสมรรถนะนี้ส่วนใหญ่ยังคงคล้ายคลึงกับในปี ค.ศ. 2006 แต่มีความชัดเจนมากขึ้นเกี่ยวกับการเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม และมีการโต้แย้งในเชิงวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 51)

2. **ความหมายสำหรับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนระดับนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) โดยมีการดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ซึ่งได้ให้ความหมายกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ไว้คือ ความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้ง และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ประกอบด้วย 5 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น 2) การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป 3) ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ 4) แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น 5) ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 17) ซึ่งมีรายละเอียดของพฤติกรรมในแต่ละตัวบ่งชี้ดังแสดงดังตาราง 1

**ตาราง 1 แสดงตัวบ่งชี้และพฤติกรรมที่แสดงถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

| ตัวบ่งชี้ | รายละเอียด | พฤติกรรมที่แสดงออก |
|---|---|---|
| 1 | แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น | - สามารถแปลงชุดข้อมูลที่เป็น กราฟ รูปภาพ ตาราง ให้อยู่ในรูปแบบของข้อความเพื่ออธิบายแนวคิดได้<br>- สามารถเลือกวิธีการนำเสนอข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง และทำความเข้าใจได้ง่าย และมีความเหมาะสม<br>(OECD, 2017, p. 286) |
| 2 | วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป | - วิเคราะห์และแปลความหมายของชุดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นกราฟ ตาราง หรือแบบจำลอง ได้อย่างถูกต้อง<br>- สามารถลงข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง<br>(OECD, 2017, p. 286) |
| 3 | ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ | - ใช้ชุดข้อมูลเป็นหลักฐาน เพื่อสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างเหมาะสม และถูกต้อง<br>- สามารถระบุประจักษ์พยานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องได้<br>- ให้เหตุผลในทางวิทยาศาสตร์ในการใช้ประจักษ์พยานได้อย่างถูกต้อง<br>(OECD, 2017, p. 286) |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ตัวบ่งชี้ | รายละเอียด | พฤติกรรมที่แสดงออก |
|---|---|---|
| 4 | แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น | - แยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานกับข้อโต้แย้งที่มาจากคำกล่าวอ้างหรือประสบการณ์ได้<br>- แยกแยะข้อโต้แย้งที่เป็นความแตกต่างระหว่างประเด็นทางวิทยาศาสตร์และประเด็นทางสังคม หรือเรื่องส่วนตัว เมื่อแปลความหมายจากชุดข้อมูลได้<br>(OECD, 2017, p. 286) |
| 5 | ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย | - สามารถประเมินข้อโต้แย้งที่มาจากการกล่าวอ้างของบุคคลอื่นว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่<br>- ประเมินและตัดสินใจเลือกที่จะสนับสนุนหรือคัดค้านข้อโต้แย้งที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ได้<br>- ประเมินและตัดสินใจเลือกใช้ประจักษ์พยานที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ได้ เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสารได้<br>(OECD, 2017, p. 286) |

นอกจากนี้สมรรถนะนี้ยังส่งผลต่อนักเรียนในการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมาก เช่น การลงข้อสรุปของข้อมูลที่ได้จากข่าวสารทางด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละวันที่มีทั้งข่าวจริงและเท็จ การรู้จักแยกแยะข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นในสังคม ทั้งข้อโต้แย้งที่มีหลักฐานน่าเชื่อถือในเชิงวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่ไม่น่าเชื่อถือจากแหล่งที่หลากหลาย เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร หากนักเรียนมีความสามารถด้านนี้ไม่ดีพออาจส่งผลต่อการคิดและการตัดสินใจได้อย่างไม่มีเหตุผล ซึ่งทำให้ข้อมูลที่รับรู้มานั้นอาจเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่ถูกต้อง (สันติชัย อนุวรชัย, 2561, น. 57; Katherine, L., et al., 2017, pp. 674-675)

สำหรับงานวิจัย ผู้วิจัยอ้างอิงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ตามกรอบการประเมินผลการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว PISA 2015 ของ OECD และมีการปรับพฤติกรรมบางอย่างให้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัย

จัดทำขึ้น โดยให้มีความหมายว่า ความสามารถในการสื่อความหมายของข้อมูลที่ได้รับเพื่อนำมาสร้างคำอธิบายของตนเอง หรือคำกล่าวอ้างที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยาน ที่รวมถึงข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายถึงประเด็นสำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในบริบทที่กำหนดให้ โดยนักเรียนต้องทำการแปลงข้อมูลดังกล่าวผ่านการจดบันทึกและการเขียนอธิบายเพื่อสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลที่มีความสอดคล้องกับผลการทดลอง และระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการสืบค้น เพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนเองโดยให้เหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งยังสามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยาน หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น และประเมินข้อโต้แย้งที่คนอื่นอ้างถึงหรือหลักฐานที่มาจากแหล่งที่มาต่างกัน ว่ามีความสอดคล้องกับประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่หรือไม่ โดยเก็บข้อมูลและประเมินผลจากการตรวจใบกิจกรรมเรื่อง พอลิเมอร์ และผลจากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้ดัดแปลงและสร้างขึ้นตามแนวทางของกรอบการประเมินของ PISA 2015

3. **การเปรียบเทียบตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างปี ค.ศ. 2006 และ ปี ค.ศ. 2015**

ตัวบ่งชี้สมรรถนะดังกล่าวได้มีการเปลี่ยนแปลงชื่อ และได้ปรับรายละเอียดตัวบ่งชี้โดยให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยเพิ่มและเน้นการโต้แย้งและประเมินข้อโต้แย้งจากผู้อื่นบนพื้นฐานของประจักษ์พยานมากขึ้น จนนำไปสู่การลงข้อสรุปที่แท้จริง ซึ่งในรายละเอียดต่อไปนี้จะแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นว่าในการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ของโครงการ PISA มีความคล้ายและแตกต่างกันอย่างไร ดังที่แสดงในตาราง 2

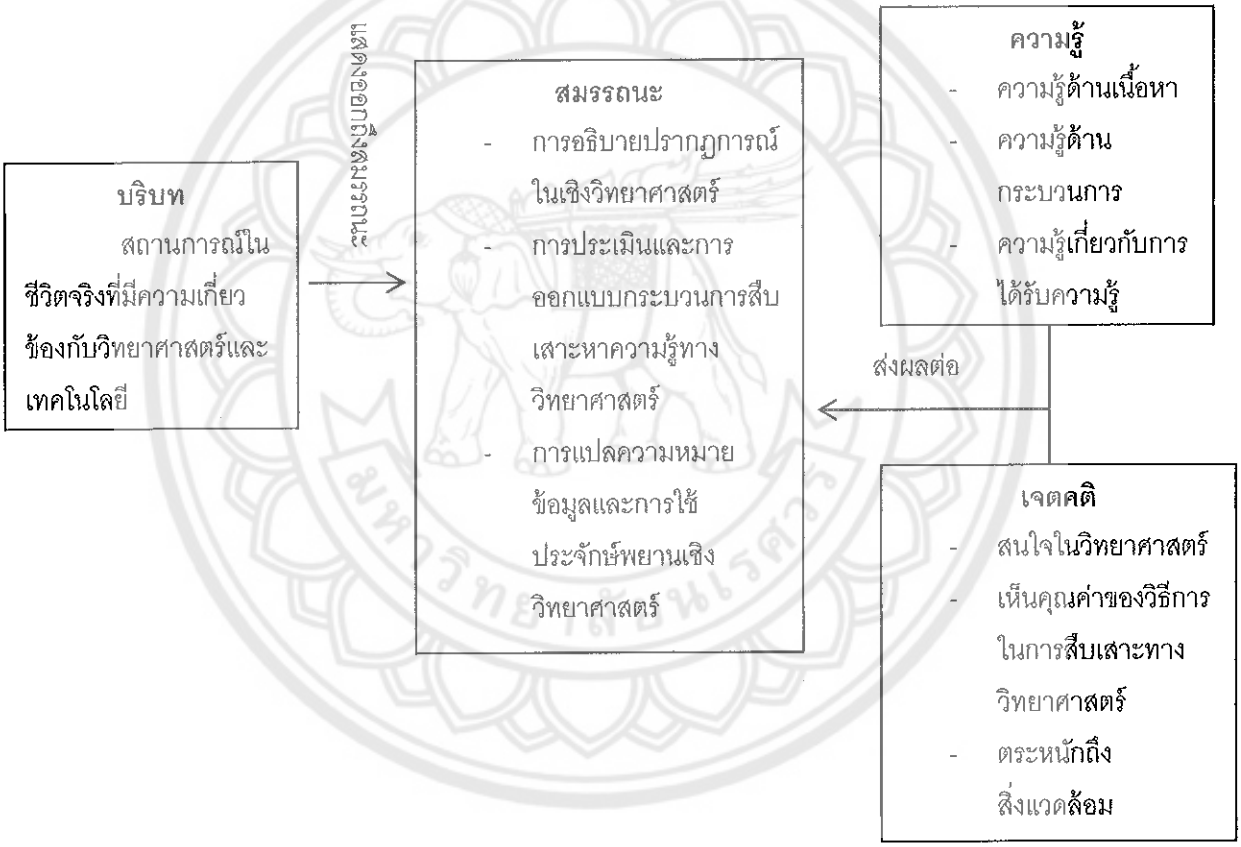
**ตาราง 2 แสดงการเปรียบเทียบตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างในปี ค.ศ. 2006 และ ในปี ค.ศ. 2015**

| PISA 2006<br>(สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2551, น. 18) | PISA 2015<br>(สสวท., 2560, น. 17) |
|---|---|
| 1. ตีความข้อมูลและประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ทางวิทยาศาสตร์ แล้วลงข้อสรุปและนำเสนอข้อสรุปนั้น<br>2. ระบุข้อตกลงเบื้องต้น ประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่อยู่เบื้องหลังของข้อสรุป<br>3. แสดงให้ความเข้าใจหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้กับบริบทหรือเหตุการณ์ต่างๆ<br>4. สะท้อนถึงนัยของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม | 1. แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น<br>2. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป<br>3. ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์<br>4. แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น<br>5. ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย (เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร) |

จะเห็นได้ว่าการประเมินผลในโครงการ PISA 2015 ได้ประเมินสมรรถนะทางด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม โดยการนำการโต้แย้งมาเป็นหนึ่งความสามารถของสมรรถนะด้านนี้ ซึ่งนักเรียนไม่เพียงแค่แสดงการแปลงข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ตีความ แล้วนำเสนอหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างข้อสรุปเท่านั้น แต่ต้องสามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากทฤษฎี หรือประจักษ์พยาน กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น ๆ และประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย อย่างเช่น วารสาร หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งมีความชัดเจนมากขึ้นต่อการเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคมและมีสังคมเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจที่ถูกต้อง

**4. การวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ดังนั้นการประเมินผลตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน PISA 2015 ได้มีการกำหนดกรอบสำหรับการประเมินที่จะประกอบไปด้วย บริบท ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งในกรอบการประเมินมีรายละเอียดที่แสดงความสัมพันธ์ในรูปดังต่อไปนี้




**ภาพ 1 แสดงกรอบการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ PISA 2015**

ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นในการดำเนินชีวิตอาจจำเป็นต้องพบสถานการณ์ที่หลากหลาย อาจเกี่ยวข้องกับทั้งตนเอง ในท้องถิ่น ในประเทศ หรือสถานการณ์ระดับโลก ในการประเมินจึงมุ่งเน้นไปที่บุคคลต้องมีสมรรถนะทางวิทยาสาสตร์เพื่อตอบสนอง และการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งต้องใช้ความรู้และมีเจตคติที่แต่ละคนมีอยู่ (OECD, 2013, pp. 11-13) มีรายละเอียดดังนี้

### 4.1 บริบทสำหรับการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015

PISA ยังได้กำหนดรูปแบบการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อยู่ภายใต้บริบทของชีวิตจริงที่เป็นเกณฑ์ของการเลือกเนื้อหา ได้แก่ บริบทในด้านที่เกี่ยวข้องกับโลกและสิ่งแวดล้อม ชีวิตและสุขภาพของประชาชน ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงการรู้วิทยาศาสตร์ โดยบริบทที่เป็นสถานการณ์ของข้อสอบอาจเป็นรูปของข้อความสั้นเนื้อหาที่มีตาราง แผ่นภาพหรือภาพประกอบ โดย PISA ในปี ค.ศ. 2015 ไม่ได้วัดความรู้เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์แต่ตัวข้อสอบเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้พื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งสถานการณ์ในการออกข้อสอบแบ่งออกเป็นระดับ ซึ่งจะมีรายละเอียดแสดงในตาราง 3 ดังต่อไปนี้

**ตาราง** 3 แสดงระดับของบริบทสำหรับการประเมินวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015

| บริบท | ระดับส่วนตัว (ตัวเอง ครอบครัว เพื่อน) | ระดับท้องถิ่น/ระดับชาติ (ชุมชน สังคม) | ระดับโลก (ชีวิตทั่วโลก) |
|---|---|---|---|
| **สุขภาพและโรคภัย** | การดูแลรักษาสุขภาพ อุบัติเหตุ โภชนาการ | การควบคุมโรค การแพร่เชื้อ ในสังคม การเลือกอาหาร สุขภาพชุมชน | โรคระบาด การระบาดข้ามประเทศ |
| **ทรัพยากรธรรมชาติ** | การใช้วัสดุ และพลังงาน | การรักษาจำนวนประชากรให้คงที่ คุณภาพชีวิต ความมั่นคง การผลิตและ การกระจายอาหาร การจัดหาพลังงาน | แหล่งทรัพยากรที่เกิดใหม่ ได้และแหล่งทรัพยากรที่ เกิดใหม่ไม่ได้ การเพิ่มจำนวนประชากร การใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ อย่างยั่งยืน |

ตาราง 3 (ต่อ)

| บริบท | ระดับส่วนตัว (ตัวเอง ครอบครัว เพื่อน) | ระดับท้องถิ่น/ระดับชาติ (ชุมชน สังคม) | ระดับโลก (ชีวิตทั่วโลก) |
|---|---|---|---|
| **คุณภาพสิ่งแวดล้อม** | พฤติกรรมเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้และ การกำจัดวัสดุและอุปกรณ์ | การกระจายของประชากร การกำจัดขยะ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | ความหลากหลายทาง ชีววิทยา ความยั่งยืนของระบบนิเวศ การควบคุมมลพิษ การเกิดและการสูญเสียผิวดิน / ชีวมวล |
| **อันตราย** | การประเมินความเสี่ยงภัยจากทางเลือกการดำเนินชีวิต | การเปลี่ยนแปลงกะทันหัน (แผ่นดินไหว สภาพอากาศเลวร้าย) การเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง (การกัดเซาะชายฝั่ง การตกตะกอน) การประเมินความเสี่ยง | การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ ผลกระทบ จากการสื่อสารสมัยใหม่ |
| **ความก้าวหน้าของวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี** | แง่มุมทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับงานอดิเรก เทคโนโลยีที่ใช้ส่วนบุคคล กิจกรรมทางดนตรีและกีฬา | วัสดุ เครื่องมือและกระบวนการใหม่ การดัดแปลงพันธุกรรม เทคโนโลยีเกี่ยวกับสุขภาพ การคมนาคมขนส่ง | การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต การสำรวจอวกาศ การเกิดและโครงสร้างของจักรวาล |

**ที่มา:** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 13-14

### 4.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์: แนวความคิดและเนื้อหาที่ครอบคลุม

การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของโครงการ PISA 2015 มีส่วนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนการประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) ที่ PISA 2015 ได้มีกำหนดไว้ ซึ่งจะครอบคลุมถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 3 ด้าน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 17-19) ได้แก่

1. ความรู้ทางด้านเนื้อหา (Content Knowledge) ที่เป็นองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง แนวความคิดหลัก และทฤษฎีที่มีความเกี่ยวเนื่องกับโลกธรรมชาติ โดยทาง PISA เลือกประเมินความรู้ในสาขาวิชาหลัก ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และความรู้ดังกล่าวได้ถูกแบ่งออกเป็นระบบ ได้แก่ ระบบทางกายภาพ ระบบสิ่งมีชีวิต และระบบของโลกและอวกาศ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เนื้อหาที่จัดอยู่ในระบบทางกายภาพ (Physical systems) ที่มีการนำใช้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของสาร สมบัติของสสาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

2. ความรู้ทางด้านกระบวนการ (Procedural Knowledge) ที่จัดเป็นองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ และเป็นความรู้ในเรื่องการปฏิบัติและแนวความคิดเกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้ เช่น การตรวจสอบซ้ำเพื่อลดความผิดพลาดและความไม่แน่นอน การควบคุมตัวแปร และการมีกระบวนการมาตรฐานเพื่อนำเสนอและสื่อสารข้อมูล

3. ความรู้ที่เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge) ที่เป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับบทบาทและลักษณะที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความเข้าใจบทบาทและหน้าที่ของสิ่งที่มีต่อวิทยาศาสตร์ อย่างเช่น คำถาม การสังเกต ทฤษฎี สมมติฐาน แบบจำลอง การอภิปรายโต้แย้ง การยอมรับรูปแบบที่หลากหลายในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และบทบาทในการตรวจสอบจากผู้อื่นทำให้ความรู้ที่สร้างขึ้นนั้นน่าเชื่อถือ

### 4.3 ระดับของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ PISA ได้มีการกำหนดระดับความสามารถของนักเรียนที่ระดับอื่น ๆ ไว้โดยนักเรียนควรจะทำอะไรได้บ้าง ณ ระดับหนึ่ง ๆ (OECD, 2017, p. 286) สรุปดังตาราง 4

**ตาราง 4 แสดงระดับของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015**

| ระดับ | นักเรียนที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละระดับ | นักเรียนควรสามารถทำได้ |
|---|---|---|
| 6 | ในระดับที่ 6 นักเรียนสามารถประเมินความเชื่อมั่นของการสนับสนุนจากข้อมูลสำหรับสมมติฐานที่แข่งขันกัน รวมทั้งสร้างและแก้ไขข้อสรุปที่ตนสร้างขึ้น โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เชิงนามธรรมหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนยังสามารถเลือกปฏิบัติระหว่างข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำเสนอความรู้ภายนอกเพื่อสร้างคำอธิบาย | - ประเมินชุดข้อมูลที่ซับซ้อนเพื่อกำหนดว่าข้อมูลแต่ละชุดสามารถสนับสนุนสมมติฐานหรือผลการทดลองที่ถูกนำเสนอได้หรือไม่ หากสนับสนุนได้จะมีไม่กี่ข้อมูลหรือมากกว่า<br>- ให้เหตุผลในการเลือกใช้แนวความคิดทางวิทยาศาสตร์เชิงนามธรรมหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และใช้ความรู้ด้านกระบวนการหรือความรู้เกี่ยวกับการป้องกันความรู้ |
| 5 | ในระดับที่ 5 นักเรียนในระดับนี้สามารถตีความข้อมูลที่ซับซ้อนปานกลางเพื่อสร้างและแก้ไขข้อสรุปโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เชิงนามธรรมหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังสามารถระบุแหล่งที่มาและผลกระทบของความไม่แน่นอนในข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ | - วิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนเพื่อระบุว่าการอนุมานหลายอย่างได้ถูกต้อง<br>- สร้างชุดข้อมูลจากการจำลองหรือทดสอบ โดยการจัดการตัวแปรเดียวเพื่อระบุผลลัพธ์ที่ถูกต้องจากหลาย ๆ ความเป็นไปได้ |

ตาราง 4 (ต่อ)

| ระดับ | นักเรียนที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละระดับ | นักเรียนควรสามารถทำได้ |
|---|---|---|
| 4 | ในระดับที่ 4 นักเรียนสามารถตีความและจัดการกับชุดข้อมูลที่ซับซ้อนปานกลางในรูปแบบต่าง ๆเพื่อเลือกหรือชี้แจงข้อสรุปที่เหมาะสมนอกจากนี้ยังสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างประเด็นทางวิทยาศาสตร์และประเด็นทางสังคมหรือเรื่องส่วนตัวเมื่อแปลความหมายข้อมูลได้ | - วิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนปานกลางเพื่อระบุว่าการอนุมานหลายอย่างมีความถูกต้อง<br><br>- วิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนมากขึ้นเพื่อระบุข้อสรุปที่เหมาะสมของการทดสอบโดยใช้การควบคุมและให้เหตุผลที่ทำให้มีความน่าเชื่อถือ |
| 3 | ในระดับที่ 3 นักเรียนในระดับนี้สามารถตีความและแปลงข้อมูลเพื่อนำเสนอข้อมูลในรูปแบบอื่น ๆ และสนับสนุนการอ้างอิงหรือข้อสรุป นักเรียนยังสามารถระบุหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ | - วิเคราะห์ตารางข้อมูลเพื่อระบุว่าการอนุมานหลายอย่างมีความถูกต้อง<br><br>- ใช้ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อระบุข้อสรุปที่เหมาะสมจากการทดลองโดยใช้ตัวควบคุมหรือชุดข้อมูลและให้เหตุผลที่เหมาะสมกับทางเลือกของนักเรียน |
| 2 | ในระดับที่ 2 นักเรียนในระดับนี้สามารถระบุข้อมูลที่สนับสนุนการอ้างอิงหรือข้อสรุป และตีความข้อมูลเพื่อเลือกคำอธิบายที่เกี่ยวข้อง | - วิเคราะห์ข้อมูลแบบตารางหรือกราฟิกเพื่อระบุสมมติฐานหรือข้อเรียกร้องหลายข้อที่ได้รับการสนับสนุนจากข้อมูล<br><br>- ระบุรูปแบบในชุดข้อมูล เช่น กราฟหรือ ตาราง |

**ตาราง 4 (ต่อ)**

| ระดับ | นักเรียนที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละระดับ | นักเรียนควรสามารถทำได้ |
|---|---|---|
| 1a | ในระดับ 1a นักเรียนในระดับนี้สามารถระบุได้ว่าข้อมูลง่าย ๆ ที่สนับสนุนข้อเรียกร้องหรือข้อสรุป นักเรียนยังสามารถตีความข้อมูลของชุดข้อมูลง่าย ๆ ที่นำเสนอในรูปแบบที่ต่างกันได้ | - ระบุแนวโน้มหรือแนวความคิดในชุดข้อมูลที่เรียบง่าย<br>- เปลี่ยนการแสดงข้อมูลแบบง่าย ๆ ระหว่างภาพกราฟิกแบบตารางและข้อความ<br>- ใช้ชุดข้อมูลง่าย ๆ เพื่อระบุข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป |
| 1b | นักเรียนในระดับนี้สามารถระบุรูปแบบข้อมูลที่เรียบง่ายได้ | - ตอบคำถามที่เฉพาะเจาะจง แสดงภาพประกอบของวัตถุอย่างง่ายให้ทำการเปรียบเทียบและตัดสินเกี่ยวกับความแตกต่างที่สังเกตได้ |

**ที่มา**: OECD, 2017, p. 286

สำหรับการวิจัยในครั้งเป็นการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์โดยอ้างอิงจากกรอบการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 แต่ในสำหรับเกณฑ์ของระดับความสามารถที่นำมาใช้ในการประเมินผลนั้น กรอบการประเมินสมรรถนะของ PISA โดยทั่วไปแล้วถูกออกแบบให้มีความซับซ้อนอย่างมาก เพื่อสามารถนำเกณฑ์ของระดับความสามารถนั้นมาใช้วัดและประเมินผลสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานได้ครอบคลุมทุกบริบทของนักเรียนที่มาจากหลากหลายพื้นที่ และได้แบ่งออกเป็น 7 ระดับ (ดังตาราง 4) อีกทั้งไม่ได้มีเกณฑ์ของระดับที่แยกแต่ละตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เกณฑ์ระดับความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์แบบรูบริค 3 ระดับ ได้แก่ ดี (Good) ผ่าน (Progressing) ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) โดยอ้างอิงจากความสามารถในการแสดงประจักษ์พยาน (Evidentiary Competency) ตามแนวทางของ Jeong, H., et al. (2007) เนื่องจากรายละเอียดของพฤติกรรมใน

การประเมินผลที่สอดคล้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาสาสตร์ตามกรอบการประเมินสมรรถนะของ PISA และมีการแยกรายละเอียดตามตัวบ่งชี้ได้ชัดเจน ทำให้สามารถนำไปปรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้ง่าย ซึ่งมีรายละเอียดของตัวอย่างเกณฑ์ระดับความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์แสดงดังตาราง 5

**ตาราง 5 แสดงตัวอย่างเกณฑ์ของระดับความสามารถในการแสดงประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางของ Jeong, H., et al. (2007)**

| ตัวบ่งชี้/ทักษะ | ระดับความสามารถในการแสดงประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | | |
|---|---|---|---|
| | ดี (Good) | ผ่าน (Progressing) | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) |
| - การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ | สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายจากชุดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เช่น กราฟ ตารางบันทึกผล หรือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มีความความน่าเชื่อถือได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน | สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายจากชุดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เช่น กราฟ ตารางบันทึกผล หรือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือได้บางส่วน หรือไม่ครบถ้วน | สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายจากชุดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เช่น กราฟ ตารางบันทึกผล หรือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือไม่ถูกต้อง |
| - การระบุประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง | สามารถระบุประจักษ์พยานที่ได้รับได้อย่างครบถ้วน และใช้ชุดข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นหลักฐานที่เพียงพอต่อสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง | มีการระบุประจักษ์พยานที่ได้รับบางส่วนไม่ครบถ้วน แต่สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อสรุปได้ | มีการระบุประจักษ์พยานที่ได้รับน้อยมาก หรือระบุประจักษ์พยานที่ไม่สอดคล้องจึงทำให้มีชุดข้อมูลที่ใช้มาเป็นหลักฐานไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อสรุป |

**ที่มา**: Jeong, H., et al., 2007, pp. 78, 81-84

**5. ลักษณะของข้อสอบและตัวอย่างแบบทดสอบที่ใช้สำหรับในการวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015**

**5.1 ลักษณะของข้อสอบ**

ในการประเมินผลการรู้วิทยาศาสตร์ของในโครงการ PISA เป็นการจัดใช้ข้อสอบวิทยาศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำมาสรุปเป็นผลคะแนนเพื่อตัดสินหรือวิเคราะห์การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งนำเสนอรูปแบบข้อสอบมีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 22)

รูปแบบการตอบคำถามที่ใช้วัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์มี 3 รูปแบบ ได้แก่

5.1.1 **เลือกตอบ**: มีลักษณะการตอบคำถาม ดังนี้

1) การเลือกหนึ่งคำตอบจากสี่ตัวเลือก

2) การเลือกคำตอบที่เป็นองค์ประกอบที่อยู่ในภาพหรือข้อความ

5.1.2 **เลือกตอบเชิงซ้อน**: มีลักษณะการตอบคำถาม ดังนี้

1) การเลือก "ใช่"/"ไม่ใช่" ในชุดคำถาม ซึ่งได้คะแนนเมื่อตอบถูกทั้งหมด

2) การเลือกมากกว่าหนึ่งคำตอบจากรายการที่กำหนดให้

3) การตอบเติมคำในประโยคให้สมบูรณ์โดยการเลือกคำตอบจากรายการที่กำหนดให้

5.1.3 **เขียนตอบ**: มีลักษณะการตอบคำถาม ดังนี้

1) การเขียนคำตอบแบบสั้นเป็นกลุ่มคำ หรือการเขียนคำตอบแบบยาวเป็นย่อหน้าสั้น ๆ (อาจเป็นคำอธิบายที่ประกอบด้วยประโยค 2-4 ประโยค)

2) ข้อคำถามบางข้อจะให้วาดภาพ เช่น กราฟ หรือแผนภาพ

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบเพื่อใช้ศึกษาผลของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะการตอบคำถามทั้งสิ้น 3 แบบ ได้แก่

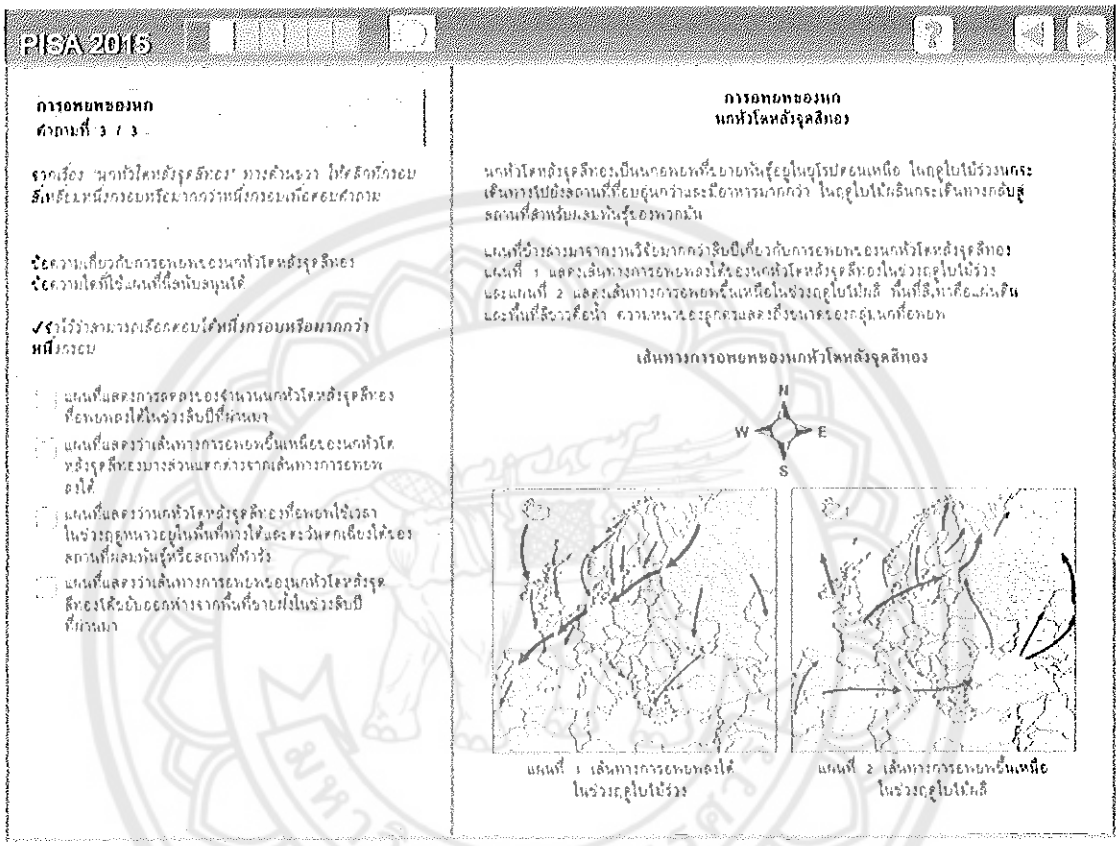
1. การเลือกตอบ: การเลือกหนึ่งคำตอบจากสี่ตัวเลือก นักเรียนต้องเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวถึงจะได้คะแนน

2. การเลือกตอบเชิงซ้อน: การเลือก "ใช่"/"ไม่ใช่" ในชุดคำถาม นักเรียนจะต้องทำให้ครบและถูกต้องทั้งหมดจึงจะได้คะแนน

3. การเขียนตอบ: การเขียนคำตอบแบบยาวเป็นย่อหน้าสั้น ๆ นักเรียนต้องเขียนคำตอบให้ถูกต้องเป็นคำอธิบายที่ประกอบด้วย 2-4 ประโยค และมีข้อคำถามบางข้อจะให้วาดภาพโครงสร้างของสารพอลิเมอร์บางชนิดให้ถูกต้องจึงจะได้คะแนน

5.2 **ตัวอย่างแบบทดสอบที่ใช้สำหรับในการวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015**

**เรื่อง การอพยพของนก**




ภาพ 2 แสดงตัวอย่างข้อสอบเรื่อง การอพยพของนก

**สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์:** การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

**ความรู้ทางวิทยาศาสตร์:** ด้านกระบวนการ

**เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์:** ระบบสิ่งมีชีวิต

**บริบทของวิทยาศาสตร์:** ระดับโลก – คุณภาพสิ่งแวดล้อม

**รูปแบบของข้อสอบ:** เลือกตอบเชิงซ้อน

**ระดับสมรรถนะ:** ระดับ 4

**ที่มา:** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 37

**แนวคำตอบ และแนวทางการให้คะแนน**

**คะแนนเต็ม** : เลือกตอบทั้ง 2 ข้อความ ต่อไปนี้

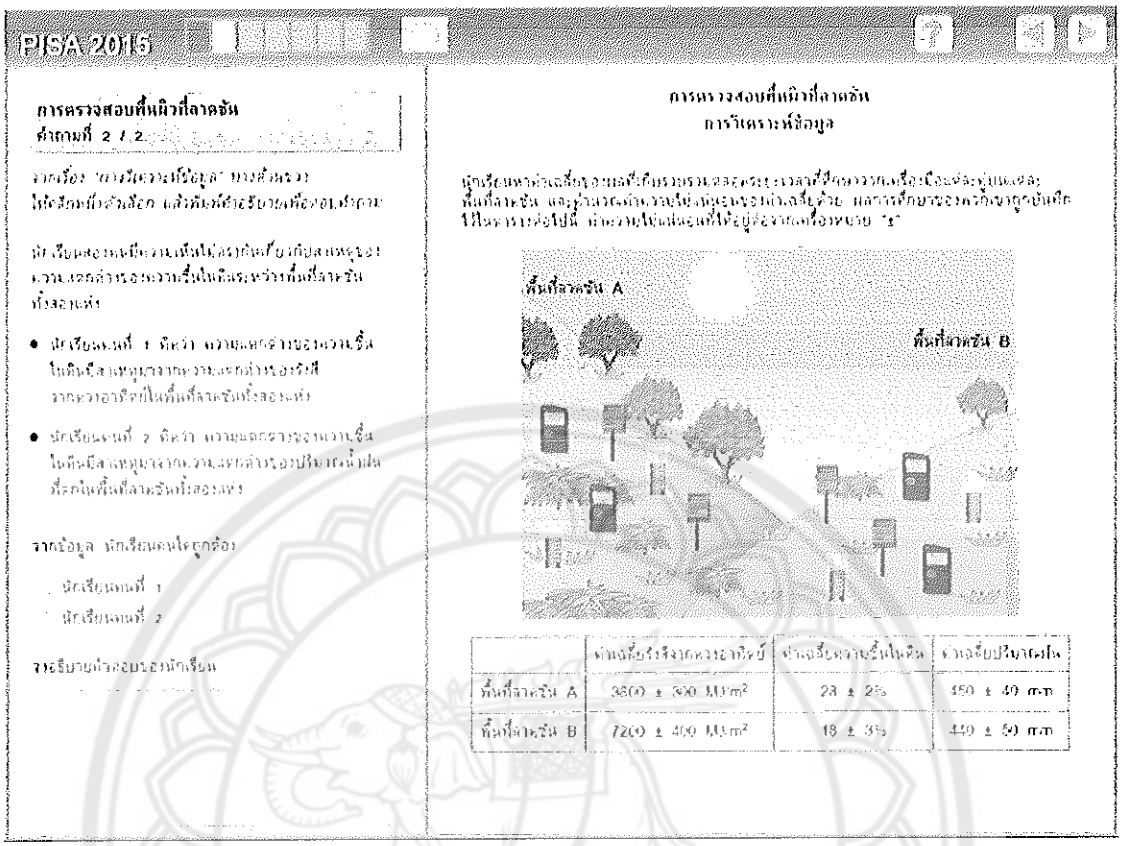
ข้อ 2. แผนที่แสดงว่าเส้นทางการอพยพขึ้นเหนือของนกหัวโตหลังจุดสีทองบางส่วนแตกต่างจากเส้นทางการอพยพลงใต้

ข้อ 3. แผนที่แสดงว่านกหัวโตหลังจุดสีทองที่อพยพใช้เวลาในช่วงฤดูหนาวอยู่ใน พื้นที่ทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของสถานที่ผสมพันธุ์หรือสถานที่ทำรัง

## สถานการณ์เรื่อง การตรวจสอบพื้นผิวที่ลาดชัน

ภาพ 3 แสดงสถานการณ์ที่กำหนดในข้อสอบเรื่อง การตรวจสอบพื้นผิวที่ลาดชัน

**ที่มา**: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 39




ภาพ 4 แสดงตัวอย่างข้อสอบเรื่อง การตรวจสอบพื้นผิวที่ลาดชัน

**สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์:** การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

**ความรู้ทางวิทยาศาสตร์:** ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้

**เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์:** ระบบโลกและอวกาศ

**บริบทของวิทยาศาสตร์:** ระดับท้องถิ่น/ชาติ – ทรัพยากรธรรมชาติ

**รูปแบบของข้อสอบ:** เขียนตอบ

**ระดับสมรรถนะ:** ระดับ 4

**ที่มา:** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 40

**แนวคำตอบ และแนวทางการให้คะแนน**

**คะแนนเต็ม** ตอบ เลือกนักเรียนคนที่ 1

ให้คำอธิบายที่ชี้ให้เห็นว่ามีความแตกต่างของรังสีจากดวงอาทิตย์ระหว่างพื้นที่ ลาดชันสองแห่ง และ/หรือ ปริมาณน้ำฝนไม่มีความแตกต่าง ตัวอย่างคำตอบ เช่น

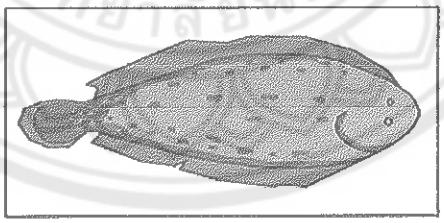
1. พื้นที่ลาดชัน B ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มากกว่าพื้นที่ลาดชัน A แต่ปริมาณน้ำฝนเท่ากัน
2. ไม่มีความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนที่พื้นที่ลาดชันสองแห่งได้รับ
3. มีความแตกต่างอย่างมากเรื่องปริมาณแสงอาทิตย์ที่พื้นที่ลาดชัน A ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลาดชัน B

**สถานการณ์เรื่อง การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน**

การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน

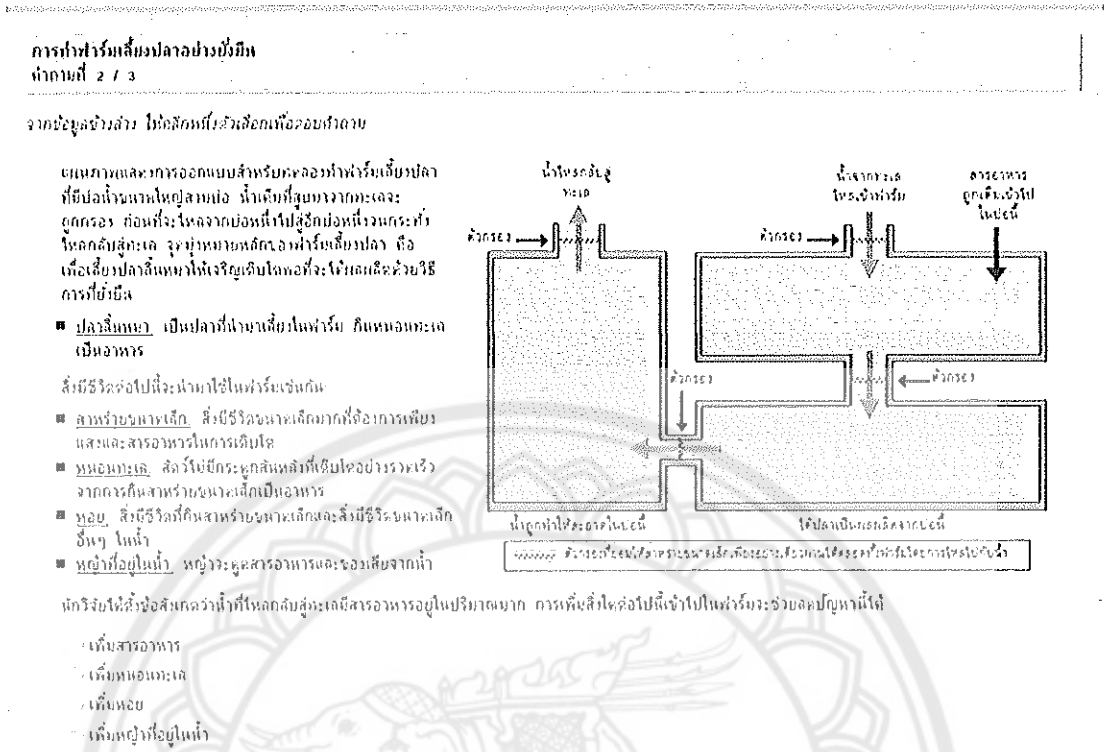
ความต้องการอาหารทะเลที่เพิ่มขึ้นเป็นปัญหาใหญ่ต่อจำนวนปลาในธรรมชาติ เพื่อลดปัญหานี้ นักวิจัยได้หาวิธีที่ทำให้การเลี้ยงปลาในฟาร์มเลี้ยงปลาเกิดขึ้นอย่างยั่งยืน

ความท้าทายสองประการในการสร้างฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน คือ (1) การให้อาหารปลาที่เลี้ยง และ (2) การรักษาคุณภาพน้ำ ปลาที่เลี้ยงในฟาร์มต้องการอาหารจำนวนมาก การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืนต้องสร้างอาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงปลาในฟาร์มได้เอง ของเสียจากปลาที่สะสมมากขึ้นในฟาร์มจนถึงระดับหนึ่งจะทำให้เป็นอันตรายต่อปลาได้ ในฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืนจึงมีน้ำทะเลไหลผ่านอย่างคงที่ตลอดทั้งฟาร์ม ของเสียและสารอาหารส่วนเกิน (อาหารที่สาหร่ายและพืชใช้เจริญเติบโต) จะถูกกำจัดออกจากน้ำก่อนที่จะปล่อยน้ำกลับสู่ทะเล



**ภาพ 5 แสดงสถานการณ์ที่กำหนดในข้อสอบเรื่อง การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน**

**ที่มา:** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 50



การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน
คำถามที่ 2 / 3

จากข้อมูลข้างล่าง ให้เลือกหนึ่งตัวเลือกเพื่อตอบคำถาม

ตัวอย่างแสดงการออกแบบสำหรับทดลองทำฟาร์มเลี้ยงปลาที่มีบ่อน้ำขนาดใหญ่สามบ่อ น้ำเค็มที่สูบขึ้นจากทะเลจะถูกกรอง ก่อนที่จะไหลจากบ่อหนึ่งไปสู่อีกบ่อหนึ่งจนกระทั่งไหลกลับสู่ทะเล จุดมุ่งหมายหลักของฟาร์มเลี้ยงปลา คือ เพื่อเลี้ยงปลาสีแดงให้เจริญเติบโตเต็มที่จะได้ผลผลิตด้วยวิธีการที่ยั่งยืน

- ปลาสีแดง เป็นปลาที่นำมาเลี้ยงในฟาร์ม กินแพลงก์ตอนทะเลเป็นอาหาร

สิ่งมีชีวิตต่อไปนี้จะนำมาใช้ในฟาร์มเช่นกัน

- สาหร่ายขนาดเล็ก สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากที่ต้องการเพียงแสงและสารอาหารในการเติบโต
- แพลงก์ตอนทะเล สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่เติบโตอย่างรวดเร็วจากการกินสาหร่ายขนาดเล็กเป็นอาหาร
- หอย สิ่งมีชีวิตที่กินสาหร่ายขนาดเล็กและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่นๆ ในน้ำ
- หญ้าที่อยู่ในน้ำ หญ้าจะดูดสารอาหารและซึมเสียจากน้ำ



นักวิจัยได้ตั้งข้อสันนิษฐานว่าน้ำที่ไหลกลับสู่ทะเลมีสารอาหารอยู่ในปริมาณมาก การเพิ่มสิ่งใดต่อไปนี้เข้าไปในฟาร์มจะช่วยลดปัญหานี้ได้

- เพิ่มสารอาหาร
- เพิ่มแพลงก์ตอนทะเล
- เพิ่มหอย
- เพิ่มหญ้าที่อยู่ในน้ำ

**ภาพ 6 แสดงตัวอย่างข้อสอบเรื่อง การทำฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างยั่งยืน**

**สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์:** การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

**ความรู้ทางวิทยาศาสตร์:** ด้านเนื้อหา

**เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์:** ระบบสิ่งมีชีวิต

**บริบทของวิทยาศาสตร์:** ระดับท้องถิ่น/ชาติ – คุณภาพสิ่งแวดล้อม

**รูปแบบของข้อสอบ:** เลือกตอบ

**ระดับสมรรถนะ:** ระดับ 2

**ที่มา:** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 51

**แนวคำตอบ และแนวทางการให้คะแนน**

คะแนนเต็ม : ตอบ ตัวเลือกที่ 4 "เพิ่มหญ้าที่อยู่ในน้ำ"

สำหรับแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ถูกนำเสนอใน ภาคผนวก ฌ

**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**

**1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**

"การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry)" เป็นคำที่คุ้นเคยมานาน แต่การสืบเสาะหาความรู้นี้มีความหมายที่ลึกซึ้งมากกว่าการสังเกตและจดบันทึก มีความหมายมากกว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และมีความหมายมากกว่าการทำการทดลอง การสืบเสาะหาความรู้นอกจากจะต้องใช้หลักการ เหตุผล และข้อมูลที่ได้จากการทดลองแล้วยังต้องใช้จิตนาการ ความสร้างสรรค์และการลงความเห็นร่วมกัน แม้ว่าคนเพียงคนเดียวสามารถค้นพบเรื่องที่ยิ่งใหญ่ได้แต่ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับคนกลุ่มใหญ่ที่สามารถยอมรับความคิดเห็นนั้นร่วมกัน (กุศลิน มุสิกุล, 2553) นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังต่อไปนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) เป็นการสอนรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อค้นพบความจริงทางวิทยาศาสตร์ โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย นักเรียนเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

สุภาพร พลพุทธา (2552) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือแก้ปัญหาเพื่อค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ช่วยเหลือ

กุศลิน มุสิกุล (2553) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน หมายถึงการที่นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและกระบวนการคิดที่หลากหลายคล้ายกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเรื่องต่าง ๆ เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ทางกายภาพในธรรมชาติ

ทิศนา แขมมณี (2557) ให้คำนิยามการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Instruction) กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึงการดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่างๆ ให้แก่นักเรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

Wu & Hsieh (2006) การสืบเสาะหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ที่หลากหลาย คือ การตั้งและถามคำถาม การออกแบบการสำรวจข้อมูล การสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผลโดยรวม การคิดค้นประดิษฐ์ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสื่อสารคำอธิบาย

Pedaste, M., et al. (2015) การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่มากขึ้น เช่น การสร้างคำอธิบายเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์และการแปลความหมายข้อมูลแล้วลงข้อสรุป โดยผ่านกิจกรรมการทดลองหรือการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ครูผู้สอนเป็นผู้กำหนดรูปแบบการเรียนรู้

กล่าวโดยสรุป "การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้" เป็นกระบวนการ การเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เน้นให้นักเรียนได้แสดงกระบวนการค้นคว้าหาคำตอบอย่างมีระบบ เช่น การตั้งคำถาม ออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลการค้นคว้าเพื่อนำไปสู่อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานหรือเหตุผลต่าง ๆ กับสิ่งที่ตนศึกษา ซึ่งเป็นกระบวนการอย่างที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าและศึกษาความรู้ปรากฏการณ์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

โดยทั่วไปแล้วการสืบเสาะหาความรู้ได้ถูกนำเสนอในรูปแบบวงจรหลากหลายแบบซึ่งจะมีการอธิบายลักษณะที่ไปในทิศทางเดียวกัน และครอบคลุมถึงการแสดงออกของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้เลือกใช้รูปแบบใดเพื่อให้เข้ากับบริบทของนักเรียนและเนื้อหารายวิชาที่สอน เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้และใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเยี่ยม เช่น การสร้างสมมติฐานการทดลอง การเขียนสรุปผล และการประเมินผลความรู้ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่แล้วการจัดการเรียนรู้มักให้ความสำคัญไปที่การทดลอง ซึ่งให้นักเรียนได้วางแผน ออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน และการตีความจากผลการทดลอง เพื่อลงข้อสรุป หรือในบางครั้งอาจมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น การอ่านจากหนังสือ วารสาร หรือบทความจากอินเทอร์เน็ต รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้โดยเฉพาะ เป็นต้น จากนั้นทำการเขียนอภิปรายผลจากการสืบเสาะหาความรู้ทั้งหมด แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมานำเสนอเพื่อให้ผู้อื่นได้สะท้อนความคิดเห็น และทำการประเมินผลความรู้ที่ได้รับสร้างเป็นองค์ความรู้ที่เป็นความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเอง (Leijen, A., et al., 2012, pp. 209-210)

ต่อมาในการวิจัยของ Pedaste, M., et al., (2015, p. 54) นำรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปจาก National Research Council (2000) มาทำการสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และได้นำเสนอขั้นตอนการสอนย่อย เพื่อทำให้ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และทำให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรม สมรรถนะ หรือทักษะทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยนำเสนอรายละเอียดดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

| ขั้นตอนทั่วไป | คำอธิบาย | ขั้นตอนย่อย | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| การกำหนดเป้าหมาย (Orientation) | เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่ศึกษาและกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ | - | - |
| การกำหนดแนวคิด (Conceptualization) | เป็นการระบุคำถามตามทฤษฎีและ / หรือการระบุข้อสมมติฐาน | การตั้งคำถาม (Questioning) | เป็นการสร้างข้อคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่ทำการศึกษาตามปัญหาที่ระบุไว้ |
| | | การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis Generation) | เป็นการสร้างข้อสมมติฐานเกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวที่ได้ระบุไว้ |
| การตรวจสอบ (Investigation) | เป็นการวางแผนการสำรวจการสืบค้นข้อมูล หรือการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลตามการออกแบบและวางแผนไว้ | การสำรวจ (Exploration) | เป็นการสร้างข้อมูลอย่างเป็นระบบและวางแผนตามเป้าหมายและคำถามที่ได้กำหนดไว้ |
| | | การทดลอง (Experimentation) | เป็นการออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน |
| | | การตีความข้อมูล (Data Interpretation) | เป็นการแปลความหมายจากข้อมูลที่รวบรวมและสังเคราะห์ความรู้ใหม่ |
| | | การวิเคราะห์ข้อมูล /การสังเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis and Synthesis) | เป็นการจัดระเบียบแยกแยะส่วนต่าง ๆ ของหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้ออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อตอบคำถามแล้วทำการเรียบเรียงใหม่ตามความเข้าใจของบุคคล |

ตาราง 6 (ต่อ)

| ขั้นตอนทั่วไป | คำอธิบาย | ขั้นตอนย่อย | คำอธิบาย |
|---|---|---|---|
| การลงข้อสรุป (Conclusion) | เป็นการสร้างข้อสรุปจากข้อมูล ที่ขึ้นอยู่กับข้อมูลและสมมติฐานหรือคำถามของการศึกษา | - | - |
| การอภิปรายผล (Discussion) | เป็นการนำเสนอขั้นตอนเฉพาะหรือวงจรการสืบเสาะหาความรู้ทั้งหมดโดยการสื่อสารกับผู้อื่นและ / หรือควบคุมกระบวนการเรียนรู้ทั้งหมดหรือขั้นตอนโดยการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการตรวจสอบข้อมูล | การนำเสนอ (Communication) | เป็นการนำเสนอผลลัพธ์ของการศึกษาตามขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น |
| | | การสะท้อนความคิด (Reflection) | เป็นการอธิบาย การวิจารณ์ การประเมินผล และการอภิปรายการเรียนรู้ทั้งหมดที่ได้ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ |

**ที่มา**: Pedaste, M., et al., 2015, p. 54

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดของ Pedaste, M., et al., (2015, pp. 47-61) เนื่องจากมีรูปแบบการสอนที่ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการสืบค้นข้อมูลและการทดลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้อง และมีรายละเอียดของขั้นตอนการสอนที่ชัดเจนและสอดคล้องต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ตัวอย่างเช่น ขั้นการทดลอง (Experimentation) ที่ให้นักเรียนได้ทำการออกแบบ และวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองและการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเป็นหลักฐานในการตอบคำถามการเรียนรู้ และขั้นสังเคราะห์ (Synthesis) ที่เป็นการนำข้อมูลที่

ได้จากการวิเคราะห์ผลการทดลองหรือผลจากการสืบค้นมาทำการเรียบเรียงใหม่ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง เป็นต้น

**3. ความหลากหลายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**

**3.1 ระดับของการสืบเสาะหาความรู้**

ในความเป็นจริงแล้วการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลากหลายรูปแบบ ที่ผ่านมานั้นมีการนำเสนอแนวคิดความหลากหลายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed Inquiry) ซึ่งจัดเป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิด เพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้ว

2. การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) จัดเป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และสาธิตหรืออธิบายในการสำรวจตรวจสอบแล้วให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

3. การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะ (Guided Inquiry) จัดเป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

4. การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนมีอิสระในการคิด และเป็นผู้กำหนดปัญหาออกแบบ และปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้แบ่งออกเป็น 4 ระดับ เปรียบเสมือนการก้าวขึ้นบันไดเพื่อช่วยทำให้ครูมองเห็นภาพว่า ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามจุดประสงค์ของกิจกรรมและเป้าหมายของครู แต่ในทางปฏิบัติครูผู้สอนอาจยังคงพบปัญหาในการเลือกระดับที่เหมาะสมกับห้องเรียนของตน หรือครูจะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อก้าวขึ้นบันไดแต่ละขั้นไปได้อย่างไร และมีแนวคิดหนึ่งที่อาจจะช่วยกำจัดปัญหาความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนเชื่อมโยงทฤษฎีสู่การปฏิบัติจริงก็คือ แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ต่อเนื่อง (Inquiry Continuum) (นิพนธ์ จันเดน, 2557, น. 4)

### 3.2 วิธีการเลือกระดับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ต่อเนื่องมีหลายระดับซึ่งแต่ละระดับก็มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ในห้องเรียนที่ต่างกันไป ซึ่งในห้องเรียนแบบสืบเสาะที่มีการจัดการเรียนรู้ที่ ยืดหยุ่น เหมาะสม และท้าทายกับนักเรียนและครูถือว่าเป็นห้องเรียนที่ดีที่สุด ห้องเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ดีที่สุดจะต้องประกอบไปด้วย หลักสำคัญ 3 ประการ คือ

1. ความยืดหยุ่น หมายถึง การผสมผสานระหว่างห้องเรียนแบบสืบเสาะที่มีระดับต่างกันเข้าด้วยกัน ตามแนวคิดเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ต่อเนื่อง ซึ่งได้เปิดโอกาสและให้อิสระทางความคิดแก่ครูมากขึ้นใน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการและจุดประสงค์ของห้องเรียนในขณะใดขณะหนึ่ง

2. ความเหมาะสม หมายถึง กิจกรรมต้องเหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของทั้งครูและนักเรียนในขณะนั้น อีกทั้งยังต้องเหมาะสมกับเนื้อหา และเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด

3. ความท้าทาย หมายถึง การที่ครูไม่เลือกที่จะย่ำอยู่กับที่ หรือมีการเลือกที่จะใช้เฉพาะกิจกรรมที่ครูและนักเรียนคุ้นเคย และสามารถทำได้ดีแล้ว ดังนั้นครูต้องใส่ความท้าทายลงไปในตัวกิจกรรมทีละนิดเพื่อเพิ่มเติมขีดความสามารถของทั้งครูและนักเรียนด้วย เช่น สำหรับครูและนักเรียนที่ยังไม่มีประสบการณ์ในการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หรือครูและนักเรียนที่คุ้นเคยกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบอกความรู้ นักเรียนอาจยังไม่มีทักษะในการออกแบบการทำทดลอง หรือประมวล ข้อมูลออกมาเป็นหลักฐาน ครูก็อาจยังไม่มีทักษะในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิด หรือเพื่อชี้นำห้องเรียนเป็นที่แน่นอนว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะระดับที่ 4 จะส่งให้การจัดการเรียนรู้ไม่มีประสิทธิภาพ กิจกรรมการเรียนรู้อาจสะเปะสะปะ ไร้ทิศทาง ซึ่งในที่สุดจะส่งผลเสียต่อการเรียนรู้ของนักเรียน และอาจส่งผลเสียต่อความมั่นใจของครูเองในการจัดการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ในครั้งต่อไป

ดังนั้น ถ้าครูและนักเรียนที่ยังไม่คุ้นเคยกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ก็ควรเริ่มที่ระดับเริ่มต้นก่อน โดยที่ครูมีส่วนกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างมาก เพื่อให้ครูยังพอมีความมั่นใจและสบายใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยไม่ทำให้ตัวครูเองและนักเรียนตื่นตระหนกเกินไป อีกทั้งยังเป็นการค่อย ๆ สร้างประสบการณ์ให้กับทั้งครูและนักเรียนเมื่อครูและนักเรียนเริ่มคุ้นเคยก็ปรับไปสู่ระดับที่สูงขึ้น โดยเพิ่มความท้าทายเข้าไปในกิจกรรมทีละนิด ทีละคุณลักษณะที่จำเป็นของห้องเรียนแบบสืบเสาะ ตามแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบต่อเนื่องจนในที่สุดเมื่อครูและนักเรียนมีประสบการณ์มากขึ้น ครูก็เริ่มปรับกิจกรรมให้ท้าทายความสามารถของทั้ง นักเรียนและครูมากยิ่งขึ้น นักเรียนเข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนมากขึ้น (นิพนธ์ จันเลน, 2557, น. 7-8)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่มีรูปแบบกิจกรรมมีลักษณะเป็นการสืบเสาะแบบชี้แนะ (Guided Inquiry) ซึ่งให้นักเรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการทดลองและการสืบค้นข้อมูล โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาและตั้งคำถามสำหรับการเรียนรู้ และครูมีหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบข้อมูล และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ รวมทั้งให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตามขั้นตอนการจัดกิจกรรม เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้

4. **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ต่อเนื่อง**

แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ต่อเนื่องจะให้ความสำคัญกับความต่อเนื่องของ 5 คุณลักษณะที่จำเป็นของห้องเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ (Essential features of classroom) (National Research Council, 2000 อ้างใน นิพนธ์ จันเลน, 2557, น. 5) ได้แก่

1. นักเรียนมีความสนใจในคำถามเชิงวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ใช้ตอบคำถาม
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่ปรากฏ
4. นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. นักเรียนสื่อสารและแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย

จากคุณลักษณะเหล่านี้ยังจำเป็นของห้องเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละข้อที่กล่าวมาจะสามารถขยายออกได้เป็น 4 ระดับ โดยระดับแรกครูจะเป็นผู้กำหนดแนวทางซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติตามแนวทางที่กำหนดไว้ในแต่ละระดับที่เพิ่มขึ้นครูก็จะเปิดโอกาสให้กับนักเรียนในการเป็นผู้กำหนดแนวทางของการจัดการเรียนรู้มากขึ้นไปจนถึงระดับที่ 4 ที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดแนวทางการเรียนรู้ในห้องเรียนทั้งหมด (ซึ่งรายละเอียดจะถูกนำแสดงในตาราง 7)

ปัจจัยที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีความต่อเนื่อง อาจเป็นการมีอิสระในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะที่จำเป็นของห้องเรียนแบบสืบเสาะและวิธีการของครูผู้สอนที่จะให้นักเรียนแสดงกระบวนการต่าง ๆ เพื่อเกิดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ซึ่งแต่ละวิธีการสอนครูสามารถผสมผสานกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้สอดคล้องกับความต้องการของครูและความเหมาะสมของห้องเรียนหรือสภาพของนักเรียนได้ เช่น ครูอาจเลือกที่จะเป็นผู้กำหนดคำถามให้นักเรียนศึกษา แต่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองและแนวทางในการศึกษาเพื่อตอบคำถาม หลักจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลเสร็จแล้วครูสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างข้อสรุปที่อธิบายผลการสืบเสาะที่เชื่อมโยงกับหลักฐานที่มีอยู่โดยครูเป็นผู้ช่วยชี้แนะ เป็นต้น (นิพนธ์ จันเลน, 2557, น. 6-7)

ดังนั้นอาจกล่าวสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีความต่อเนื่อง ครูนั้นมีอิสระที่จะสามารถผสมผสานกิจกรรมบางอย่างหรืออาจมีเทคนิคการสอนแบบอื่น ๆ ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมและท้าทายความสามารถของนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา ทักษะ กระบวนการ และแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สอดคล้องกับคุณลักษณะและระดับของการสืบเสาะหาความรู้ในแบบต่าง ๆ ที่จำเป็นของห้องเรียนแบบสืบเสาะ และวิธีการของครูผู้สอนที่จะให้นักเรียนแสดงกระบวนการอื่น ๆ เพื่อเกิดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

**ตาราง 7** แสดงความหลากหลายของห้องเรียนตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ต่อเนื่อง

| ลักษณะจำเป็นของห้องเรียนแบบสืบเสาะ | ความหลากหลายของห้องเรียน<br>น้อย ← การมีส่วนร่วมของนักเรียน → มาก<br>มาก ← กำหนดแนวทางโดยครูหรือหนังสือ → น้อย | | | |
|---|---|---|---|---|
| นักเรียนมีความสนใจในคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ | คำถามถูกกำหนดโดยครูหรือหนังสือเรียน | นักเรียนปรับปรุงคำถามที่กำหนดให้ | นักเรียนเลือกคำถามจากรายการคำถามที่กำหนดให้ | นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม |
| นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ใช้ตอบคำถาม | ข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ ข้อมูลถูกกำหนดให้โดยครู | ครูให้ข้อมูลแล้วให้นักเรียน วิเคราะห์ | ครูเป็นผู้แนะนำว่าข้อมูลใดที่ นักเรียนควรต้องเก็บ | นักเรียนเป็นผู้วางแผนและตัดสินใจว่าข้อมูลใดบ่างที่สำคัญ |
| นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่มีอยู่ | หลักฐานและคำอธิบาย ถูกกำหนดโดยครู | ผู้สอนบอกวิธีที่เป็นไปได้ที่นักเรียนจะใช้หลักฐานในการสร้างคำอธิบาย | นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่มีอยู่โดยมีครูเป็น ผู้ช่วยแนะนำ | นักเรียนสร้างคำอธิบายหลัง จากสรุปหลักฐานที่ปรากฏ |
| นักเรียนเชื่อมต่อคำอธิบายเข้ากับหลักการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ | ครูเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ | ครูเสนอแนวทางที่เป็นไปได้ ในการเชื่อมโยงคำอธิบายเข้า กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ | ครูแนะนำสื่อหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนใช้เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้รับ | วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องแล้วเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ลักษณะจำเป็นของห้องเรียนแบบสืบเสาะ | ความหลากหลายของห้องเรียน<br>น้อย ← การมีส่วนร่วมของนักเรียน → มาก<br>มาก ← กำหนดแนวทางโดยครูหรือหนังสือ → น้อย | | | |
|---|---|---|---|---|
| นักเรียนสื่อสารและแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย | ครูกำหนดวิธีการนำเสนอ และสื่อสารองค์ความรู้ | ครูให้แนวทางในการนำเสนอ และสื่อสารความรู้คร่าว ๆ | นักเรียนเป็นผู้กำหนดวิธีการนำเสนอและสื่อสารองค์ความรู้ โดยมีครูเป็นผู้ช่วยนำทาง | นักเรียนเป็นผู้กำหนดวิธี การนำเสนอและสื่อสารองค์ ความรู้อย่างสมเหตุสมผล |

**ที่มา**: National Research Council, (2000) อ้างถึงในนิพนธ์ จันเลน, 2557, น. 6

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้ที่ต่อเนื่อง เพราะต้องใช้เป็นแนวทางในการปรับขั้นตอนการสอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำให้ขั้นการสอนและการดำเนินกิจกรรมตามรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ที่สุดและมีความต่อเนื่องในการทำการจัดการเรียนรู้

5. ข้อดีและข้อจำกัดสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นอีกรูปแบบวิธีการสอนที่เหมาะสมกับรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูเป็นผู้เตรียมสภาพแวดล้อมจัดลำดับเนื้อหา แนะนำ หรือช่วยให้นักเรียนประเมินความก้าวหน้าของตนเอง ส่วนนักเรียนเป็นแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ภายใต้เงื่อนไขกิจกรรมที่ครูจัดขึ้น นักเรียนจะมีอิสระในการทำการทดลองอย่างเต็มที่ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537, น. 127) ได้ลงสรุปทั้งข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

5.1 ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

5.1.1 นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

5.1.2 นักเรียนมีโอกาสฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้กล่าว คือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

5.1.3 นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

5.1.4 นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5.1.5 นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

**5.2 ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้**

5.2.1 การสอนแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการสอนมาก ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัยแปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย ถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

5.2.2 ในกรณีที่นักเรียนมีระดับสติปัญญาต่ำและเนื้อหาค่อนข้างยากนั้น นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

5.2.3 นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมากๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5.2.4 ใช้สอนแบบเดิมอยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

**การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

1. **ความหมายของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

Gowin (1981 อ้างถึงใน Akkus, R., et al., 2007, p. 1746) กล่าวว่า การเรียนรู้ผ่านการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นการเตรียมพร้อมของนักเรียนในเชิงกลยุทธ์รูปแบบหนึ่ง เพื่อเป็นแนวทางในการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลในผ่านการเขียน และให้ครูเป็นผู้ชี้แนะในการเรียนรู้จากกิจกรรมในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งการเขียนทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างวิธีในการเขียนที่ไม่เป็นทางการที่แสดงออกมา ซึ่งช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และปรับเปลี่ยนการเขียนให้เป็นไปในรูปแบบทางการมากขึ้น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งรูปแบบการสอนของการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ยังสามารถทำให้นักเรียนเกิดการคิด การตั้งคำถาม การสร้างคำกล่าวอ้าง และหลักฐานสำหรับการโต้แย้งร่วมกับการให้เหตุผลที่ถูกต้อง

Burk, K.A., Greenbowe, T.J., & Hand, B.M. (2006, pp.1032-1033) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ผ่านการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นรูปแบบการสอนที่จะเน้นการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มร่วมกับการเขียนเพื่อเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งนักเรียนยังได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการทำการทดลองภายในการทำกิจกรรม และเป็นเทคนิคที่สามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนบนพื้นฐานของหลักฐานได้ได้จาก

การทำการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้งด้วยเหตุผลได้แบ่งองค์ประกอบสำคัญไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีการนำความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์มาแลกเปลี่ยนกันกับเพื่อน ๆ ทั้งภายในกลุ่ม และเพื่อนต่างกลุ่ม

2. มีการตั้งคำถาม สมมติฐาน การอธิบาย และรวบรวมแนวคิดความคิดระหว่างการอภิปรายผลการสืบเสาะ หรือการทดลอง ซึ่งเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับการเขียน

3. มีการใช้เทคนิคการอภิปรายของนักเรียนและการเขียนรายงานผลของนักเรียนแต่ละคนนักเรียนจะได้รับแนวคิดในเรื่องที่ศึกษาอย่างลึกซึ้งและแนวคิดเหล่านี้จะเก็บรักษาไว้ตลอดเวลา

การเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) จะเป็นได้ทั้งรูปแบบที่ใช้สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติและรูปแบบการสอนอื่น ๆ ที่จะช่วยให้ครูผู้สอนในการชี้นำทิศทางของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ซึ่งการเขียนทางวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้การเขียนเพื่ออธิบายในทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้นและยังมีการสะท้อนตน รวมทั้งประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับมาว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ รวมทั้งยังเป็นเครื่องมือสำหรับครู เพื่อช่วยพัฒนานักเรียนในการคิดและสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระมากกว่าเพียงแค่ทำตามสูตร

Akkus, R., Gunel, M., & Hand, B. (2007, pp. 1746-1749) กล่าวไว้ว่า การเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) คือ เป็นกิจกรรมที่เน้นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และเป็นการสอนในรูปแบบของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการทำกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำการทดลอง ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และใช้ความสามารถในการให้เหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานจากการทำการทดลองเพื่อลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง และเป็นวิธีการที่จะเป็นกรอบของการเรียนรู้สำหรับนักเรียนและครู รวมถึงมีการโต้แย้งกันโดยใช้หลักฐานที่ได้จากการสืบเสาะและแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในชั้นเรียนเพื่อลงข้อสรุปเป็นองค์ความรู้รวมที่ถูกต้อง รวมทั้งทำหน้าที่ในการสนับสนุนการให้เหตุผลของนักเรียนกับข้อมูล ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญไว้ ดังนี้

1. นักเรียนจะสามารถพัฒนาความเข้าใจในสาระสำคัญของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผ่านขั้นตอนของการเขียนโครงร่าง / เขียนแผนภาพของนักเรียน ซึ่งเป็นการสร้างคำถามและการทดสอบเพื่อยืนยันการคำกล่าวอ้างด้วยหลักฐานเปรียบเทียบความคิดกับคนอื่นและพิจารณาว่าความคิดของตนเองได้เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่

2. ในขั้นตอนสุดท้ายของการสอน จะเกี่ยวข้องกับการเขียนของนักเรียนซึ่งจะเป็นการลงข้อสรุปอย่างแท้จริง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันจึงมุ่งเน้นไปที่ลักษณะการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนมีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้น

ดังนั้น การเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) จึงเน้นถึงลักษณะของการทำงานร่วมกันและสร้างสรรค์ของกิจกรรมผ่านการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเจรจาต่อรองและชี้แจงความหมายและคำอธิบายกับเพื่อนและครูได้อย่างต่อเนื่อง ครูผู้สอนสามารถใช้รูปแบบการสอนนี้ส่งเสริมการอภิปรายผลการทดลองในห้องเรียนได้ และนักเรียนควรได้รับการสนับสนุนให้มีการเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างชัดเจนและสามารถตั้งข้อคำถาม ข้อสังเกต เกี่ยวกับข้อมูลและหลักฐานที่ถูกนำเสนอ แล้วพิจารณาโดยการใช้เหตุผลได้อย่างเหมาะสม

เตชทัต เรืองธรรม. (2559, น. 7) ระบุว่าการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) คือ เทคนิคการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และกระบวนการกลุ่มควบคู่ไปกับการทำกิจกรรมการทดลอง ซึ่งให้ความสำคัญกับการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และในการจัดกิจกรรมนี้มีลักษณะสำคัญของการแสดงพฤติกรรมต่างๆ ประกอบด้วย

1. ผู้เรียนต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
2. ใช้ข้อมูลความรู้เดิมเพื่อสร้างและสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
3. การอภิปรายและเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนทั้งในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดหลัก และสามารถสร้างองค์ความรู้โดยเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม
4. สามารถประเมินตนเอง โดยตรวจสอบว่าความรู้เดิมที่มีนั้นมีความคาดเคลื่อนหรือถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

แม้ในบางกิจกรรมที่นักเรียนไม่ได้เป็นผู้ทำการทดลองด้วยตนเอง แต่ครูเป็นผู้สาธิตการทดลองซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้สังเกตก็สามารถได้ข้อมูลการทดลองก็สามารถในเทคนิคนี้ได้เช่นกัน

กล่าวโดยสรุปว่า การเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ควบคู่กับกิจกรรมต่าง ๆ ที่ให้ความสำคัญในการจัดกิจกรรมทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ผ่านการจดบันทึกขณะทำกิจกรรม และการเขียนเพื่ออธิบายผลที่เชื่อมโยงกับประจักษ์พยาน เพื่อลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ซึ่งมีการนำข้อสรุปและผลการทดลองที่แตกต่างกันมานำเสนอเพื่อเปรียบเทียบและโต้แย้งกัน ที่นำไปสู่การพิจารณาแนวคิดของนักเรียนว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ในขั้นตอนสุดท้ายในกิจกรรมนักเรียนต้องนำข้อมูลทั้งหมดมาเขียนเป็นรูปแบบรายงานเพื่อลงข้อสรุปและความเข้าใจในที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการเรียนรู้

**2. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ครูส่วนใหญ่มักจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้มีการสืบเสาะหาความรู้ ไม่ว่าจะเป็นการสาธิตหรือการทดลองทางวิทยาสาสตร์ รวมทั้งการให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในสร้างคำอธิบายของตนเองโดยกิจกรรมเหล่านี้มักจะได้ผลที่แตกต่างกัน ครูจึงต้องจัดให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจที่นักเรียนมี นำมาแลกเปลี่ยนกัน ทำให้การเรียนรู้มีความหมายมากขึ้นและนักเรียนยังสามารถตรวจสอบความคิดของตนเองอีกด้วย แต่หากลองพิจารณาการทำกิจกรรมการสืบเสาะดูแล้วนั้นจะให้ได้ว่านักเรียนจำเป็นต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นส่วนสำคัญอย่างมาก ดังนั้น รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นส่วนสำคัญต่อการที่ทำให้นักเรียนแสดงทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกมาได้มากที่สุด Greenbowe, T.J., & Hand, B.M. (2005) จึงได้เสนอรูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะทำให้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหมายในการเรียนมากขึ้นด้วยการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic : SWH)ส่วนใหญ่ครูวิทยาศาสตร์มักจะใช้การทดลองเป็นกิจกรรมการสืบเสาะ ซึ่งรูปแบบการสอนนี้ถูกนำเสนอ 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1) การตั้งคำถาม (beginning Questions): คือเป็นการตั้งคำถามก่อนการทำการทดลอง ซึ่งจะเป็นเป้าหมายของการหาคำตอบ นั้นคือนักเรียนต้องการรู้อะไรในรู้ที่ศึกษา

ขั้นที่ 2) การทดสอบ (tests): นักเรียนต้องรู้ว่าควรจะทำอะไรบ้าง โดยมีการวางแผนก่อนทำการทดลองและออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3) การสังเกต (observation): นักเรียนทำการสังเกตสิ่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากทดลอง แล้วทำการจดบันทึกหรือเขียนข้อความสั้นๆ จากสิ่งที่ตนเองสังเกต

ขั้นที่ 4) ข้อสรุป (claim): คือการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาตีความและวิเคราะห์เพื่อลงข้อสรุปเบื้องต้นเป็นของตนเอง

ขั้นที่ 5) ประจักษ์พยาน (evidence): พิจารณาผลการทดลองแล้วระบุผลการทดลองที่สอดคล้องกับข้อสรุป สามารถประเมินได้ว่าผลการทดลองที่มีอยู่สามารถใช้ในการสรุปได้หรือไม่

ขั้นที่ 6) การอ่าน (reading): คือการนำข้อมูลทั้งหมดที่ผ่านการสรุปและความเข้าใจของตนเองมาเปรียบเทียบกับเพื่อนคนอื่น แล้วพิจารณาว่าสอดคล้องกับหลักฐานหรือไม่ อาจมีการอภิปรายหรือการโต้แย้งกันเพื่อหาข้อสรุปที่ดีที่สุดเมื่อมีผลการทดลองที่แตกต่างกัน

ขั้นที่ 7) การสะท้อนความคิด (reflection): จะเป็นการพิจารณาความคิด ความเข้าใจของตนเองว่าหลังการการอภิปรายหรือการโต้แย้งแล้ว ตนเองมีแนวความคิดเปลี่ยนไปหรือไม่ โดยนักเรียนจะได้บอกสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงแนวคิดนั้นด้วย

ขั้นที่ 8) การเขียน (writing): คือนักเรียนเขียนอธิบายความเข้าใจของตน บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาที่ได้ศึกษาเรียนรู้

ต่อมา เตชทัต เรืองธรรม (2559, น. 8) การนำเสนอรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีตามบริบทของห้องเรียนตนเอง ซึ่งประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 8

**ตาราง 8** แสดงขั้นตอนการสอนของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

| ขั้นที่ | การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic : SWH) | |
|---|---|---|
| | ชื่อขั้นตอน | การปฏิบัติกิจกรรม |
| 1 | การกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) | - ครูนำเสนอปรากฏการณ์บางอย่างเกี่ยวกับบทเรียนเพื่อให้นักเรียนในห้องเรียนมีการอภิปรายเพื่อตั้งคำถาม หรือประเด็นปัญหาร่วมกันก่อนลงมือทดลอง |
| 2 | การทดสอบ (Tests) | - ครูแนะนำข้อมูลที่จำเป็นบางอย่าง และนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบการทดลอง และตารางบันทึกผลการทดลอง |
| 3 | การสังเกต (observation) | - ครูให้คำแนะนำแก่นักเรียนแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนพบและใช้คำถาม กระตุ้นเพื่อให้ค้นหาข้อมูลที่นักเรียนต้องการศึกษาวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล |
| 4 | การลงข้อสรุป (Claim) | - นักเรียนพิจารณาและวิเคราะห์ รวมทั้งอภิปรายข้อมูลร่วมกับเพื่อนๆ ก่อนสรุป เพื่อตอบคำถามที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง |
| 5 | การระบุประจักษ์พยาน (Evidence) | - เน้นให้นักเรียนระบุโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง เพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง |
| 6 | การอ่าน (Reading) | - นักเรียนสำรวจตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยเปรียบเทียบข้อมูลกับเพื่อนร่วมห้อง หรือศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งอ้างอิงภายนอก แล้วนำมาอธิบายเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้น |
| 7 | การสะท้อนความคิด (reflection) | - แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร หลังจากอภิปรายร่วมกันทั้งภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงภายนอก |

**ตาราง 8 (ต่อ)**

| ขั้นที่ | การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic : SWH) | |
|---|---|---|
| | ชื่อขั้นตอน | การปฏิบัติกิจกรรม |
| 8 | การเขียน (writing) | - นักเรียนเขียนอธิบายความเข้าใจแสดงแนวความคิดของตน บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาที่เรียน |

**ที่มา**: เตชทัต เรืองธรรม, 2559, น. 8

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบขั้นการสอนของ เตชทัต เรืองธรรม (2559) เพื่อนำมาปรับใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี เนื่องจากรูปแบบการสอนที่ส่งเสริมการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น การเขียนเพื่อระบุประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ การเขียนเพื่อสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ และให้ความสำคัญกับการบันทึกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแนวคิด และการสร้างแนวคิดใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น ขั้นข้อสรุป (Claim) ให้นักเรียนพิจารณา การวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบข้อมูลแล้วแปลความหมายข้อมูล เพื่อลงข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ ขั้นประจักษ์พยาน (Evidence) เน้นการให้นักเรียนระบุประจักษ์พยานที่ได้มาจากการทดลอง เพื่อสนับสนุนข้อสรุป ซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าประจักษ์พยานที่มีอยู่เป็นหลักฐานที่เพียงพอต่อสรุปสนับสนุนข้อสรุปให้มีความน่าเชื่อถือและถูกต้อง เป็นต้น โดยขั้นตอนเหล่านั้นจะสามารถนำมาพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

**3. บทบาทครูผู้สอนและนักเรียนในการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

จากความหมายและความสำคัญของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ซึ่งโดยหลักการแล้วจะช่วยให้นักเรียนทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการเขียนหรือการจดบันทึกลงไปในสมุด ซึ่งทำให้นักเรียนมีการหาคำตอบได้ง่ายขึ้นและใช้ข้อมูลดังกล่าวมาเขียนรายงานอภิปรายผลการทดลอง เพื่อลงข้อสรุปและตอบคำถามที่ทิ้งไว้ตั้งแต่ตอนต้นได้อย่างสมเหตุสมผล แล้วนำความรู้ที่ได้มาแลกเปลี่ยนกันกับเพื่อนคนอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้

นักเรียนทุกคนจะมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กันบนพื้นฐานของหลักฐาน หรือผลการทดลองที่เกิดขึ้นภายในชั้นเรียน (Poock, J. R., et al., 2007, p. 1372)

โดยเสนอบทบาทของครูผู้สอนและนักเรียน Poock, J. R., et al., (2007, p. 1372) ได้ให้คำชี้แนะที่มีรายละเอียด ดังนี้

**3.1 บทบาทของครูในการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

3.1.1 ทบทวนบทเรียนเพื่อสำรวจความเข้าใจของนักเรียนหรือเตรียมความพร้อมนักเรียน ด้วยการนำเสนอสื่อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

3.1.2 กิจกรรมก่อนการทดลอง: ครูนำเสนอเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองเล็กน้อย เพื่อให้นักเรียนได้มีการสังเกต การระดมความคิด และการตั้งคำถาม

3.1.3 สนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน

3.1.4 การพูดคุยในระยะที่ 1: ให้นักเรียนจดบันทึกผลจากการทดลองของตัวเอง

3.1.5 การพูดคุยในระยะที่ 2: ให้นักเรียนมีแบ่งปันและเปรียบเทียบการตีความข้อมูลในกลุ่มเล็ก ๆ (เช่นการสร้างกราฟขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีส่วนร่วม โดยนักเรียนทุกคนในชั้นเรียน)

3.1.6 การพูดคุยในระยะที่ 3: ให้นักเรียนมีการเปรียบเทียบแนวความคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์กับตำราเรียนหรือเอกสารสิ่งพิมพ์อื่น ๆ (เช่น การเขียนบันทึกย่อของกลุ่มเพื่อตอบคำถามที่สนใจ)

3.1.7 การพูดคุยในระยะที่ 4: ให้นักเรียนมีการสะท้อนและการเขียนข้อสรุปส่วนบุคคล (เช่น การสร้างชิ้นงานเพื่อนำเสนอ เช่น โปสเตอร์ หรือ รายงานสำหรับผู้ชมกลุ่มใหญ่)

3.1.8 สำรวจความเข้าใจหลังการเรียนการสอนผ่านการทำแผนผังแนวความคิด การอภิปรายกลุ่ม หรือ การเขียนคำอธิบายที่ชัดเจน

**3.2 บทบาทของนักเรียนในการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

3.2.1 ในขั้นการกำหนดปัญหา/คำถาม: นักเรียนตั้งคำถามในสิ่งที่ต้องการจะรู้

3.2.2 ในขั้นการทดสอบ: นักเรียนออกแบบการทดลองหรือขั้นตอนในการทดลองอย่างไร

3.2.3 ในขั้นการสังเกต: นักเรียนสังเกต/ค้นพบข้อมูลอะไรบ้าง

3.2.4 ในขั้นการลงข้อสรุป: ผู้เรียนได้ข้อสรุปอะไร จากผลการทดลอง

3.2.5 ในขั้นประจักษ์พยาน: นักเรียนรู้ได้อย่างไรว่าประจักษ์พยานที่ได้รับสามารถนำไปใช้เป็นข้อสรุปได้

3.2.6 ในขั้นการอ่าน: นักเรียนนำแนวความคิดของตนเองไปเปรียบเทียบกับผู้อื่นว่าเป็นอย่างไร

3.2.7 ในขั้นการสะท้อนความคิด: นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงของแนวความคิดของตนหรือไม่

3.2.8 ในขั้นการเขียน: นักเรียนมีการเขียนอธิบายถึงความเข้าใจ และเชื่อมโยงกันระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีในเนื้อหาที่เรียน

**4. การใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์**

รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ถูกนำเสนอมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการทำการทดลองเนื่องจากนักเรียนจะสามารถแสดงถึงทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งในกิจกรรมนักเรียนจะต้องบันทึกสิ่งที่พบเห็นในขณะทำการทดลองผ่านการเขียนในรูปแบบต่างๆ ตามความสนใจของนักเรียนเพื่อนำมาข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ ตีความ แล้วนำมาเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจ (Kingir, S., et al., 2012, p. 429) ซึ่งจากที่ได้กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าเกือบจะไม่มีความแตกต่างกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะที่ให้ทำการทดลองแบบปกติเลย แต่อย่างไรก็ตาม เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ซึ่งมีขั้นตอนที่หลากหลายและสามารถที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า อีกทั้งนักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง คำนึงและเห็นความสำคัญของประจักษ์พยานหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Poock, J. R., et al., 2007, p.1372) ถ้าหากเปรียบเทียบในระหว่างการจัดจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะที่ให้ทำการทดลองแบบดั้งเดิมกับการจัดจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ซึ่งจะมีความแตกต่างกันดังนี้

4.1 **ลักษณะการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนแบบดั้งเดิมในการทดลอง**

4.1.1 ครูผู้สอนบอกนักเรียนว่าทำอะไรและจะเกิดอะไรขึ้น ซึ่งไม่มีการตั้งคำถามเริ่มต้นก่อนทำการทดลอง

4.1.2 ครูผู้สอนอนุญาตให้สมาชิกนักเรียนในกลุ่มทำงานแยกกันในชั้นเรียนได้และมอบหมายงานให้กับนักเรียน

4.1.3 ไม่มีการสนับสนุนให้แลกเปลี่ยนหรือวิเคราะห์ข้อมูลในชั้นเรียน ครูทำการแสดงผลให้นักเรียนเห็น รวมทั้งวิธีการคำนวณและบอกผลลัพธ์แก่นักเรียนว่าอย่างไร

4.1.4 อนุญาตให้นักเรียนออกห้องเรียนทันทีเมื่อทำงานเสร็จแล้ว

**4.2 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนเมื่อใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ในการทดลอง**

4.2.1 เปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยเพื่อตั้งคำถามเริ่มต้นก่อนการทดลอง

4.2.2 ครูผู้สอนจัดเตรียมห้องเรียนและอุปกรณ์เพื่อให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมได้สะดวกมากขึ้น

4.2.3 ช่วยให้คำแนะนำเพื่อให้นักเรียนสามารถทำงานได้สำเร็จตามเป้าหมายของตนเองได้ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

4.2.4 กระตุ้นให้นักเรียนได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากสิ่งที่สังเกตผ่านการเขียน เช่น บนกระดานดำ สมุดวิทยาศาสตร์ หรือใบกิจกรรม

4.2.5 กระตุ้นให้นักเรียนตีความข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายข้อมูลชั้นเรียนเป็นกลุ่ม

4.2.6 ครูผู้สอนสามารถแนะนำการอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดที่ครอบคลุมในเรื่องที่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

**5. วัดและประเมินผลในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

สำหรับการประเมินผลในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนมักจะมีสมุดกิจกรรม หรือใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ทำการเขียนหรือบันทึกข้อมูลบางอย่างที่ได้จากการทำการทดลองของนักเรียนเอง ดังนั้นครูผู้สอนต้องทำการตรวจสอบหรือประเมินผลความรู้ของนักเรียนจากสิ่งเหล่านี้ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์การประเมินเพื่อเป็นกรอบว่านักเรียนประสบสำเร็จตามจุดประสงค์หรือไม่ ซึ่งการประเมินอาจมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะของกิจกรรม รวมทั้งจุดประสงค์ของการเรียนรู้ (Burk, K.A., Greenbowe, T.J., & Hand, B.M, 2006, p.1036) โดยมีตัวอย่างแบบเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนที่มีรายละเอียดดังนี้

เตชทัต เรืองธรรม. (2559, น. 13) ได้นำเสนอตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบบันทึกผลการทดลองวิชาเคมีตามแนวทางของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ไว้ ซึ่งมีตัวอย่างรายละเอียดของการประเมินดังตาราง 9

**ตาราง 9** แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบบันทึกผลการทดลองตามแนวทางของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

| กลุ่มที่ | ระดับคุณภาพ | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 |
| ข้อสรุป (Claim) | ไม่มีข้อสรุป หรือ ข้อสรุปไม่ถูกต้อง | ข้อสรุปถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ | ข้อสรุปถูกต้องและสมบูรณ์ |
| ประจักษ์พยาน (Evidence) | ไม่ได้อ้างถึงประจักษ์พยาน หรืออ้างถึงประจักษ์พยาน ที่ไม่เหมาะสม และไม่ได้สนับสนุนข้อสรุป | อ้างถึงประจักษ์พยานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป | อ้างถึงประจักษ์พยานที่ เหมาะสมและเพียงพอที่ จะสนับสนุนข้อสรุป |
| การเขียน (Writing) (เชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุป) | ไม่มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหา ที่เรียนหรืออ้างอิงเนื้อหา ที่เรียนและไม่ได้เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน | มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหา ที่เรียน แต่การเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน ไม่เพียงพอ | มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหา ที่เรียนได้อย่างเหมาะสม และการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน เพียงพอ |

**ที่มา**: เตชทัต เรืองธรรม, 2559, น. 13

ในการวิจัยครั้งนี้มีรูปแบบเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ จึงใช้เกณฑ์การประเมินผลของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของเตชทัต เรืองธรรม (2559, น. 12-13) เป็นแนวทางในการปรับการประเมินผลที่มีความสอดคล้องกับการวัดความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เพราะเนื่องจากเกณฑ์การประเมินมีรายละเอียดของพฤติกรรมที่ต้องการประเมินที่ชัดเจน และมีการให้คะแนนที่ไม่ซับซ้อนมากเกินไป ซึ่งรายละเอียดจะถูกนำเสนอในบทถัดไป

**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

**1. ความหมายของการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

นักวิชาการและนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสำหรับการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้ไว้มากมาย ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกการศึกษาและการนำเสนอที่มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันและให้เหมาะสมกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

Glynn and Muth (1994, pp. 1064-1065) กล่าวว่า การเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing to Learn Science) เป็นกระบวนการถ่ายทอดภาษาและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการเขียนรายงานหรือการจดบันทึกลงในสมุด แบบบันทึก ซึ่งในตอนแรกอาจจะเป็นภาษาที่ไม่เป็นทางการเพื่อแสดงการบันทึกจากสิ่งที่สังเกตจากการทดลอง หรือการสืบเสาะต่าง ๆ ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นจึงทำการรวบรวมและเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดเป็นความเข้าใจ และสามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Keys, W.C., et al., (1999, pp.1665-1666) กล่าวว่า สำหรับในการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing to Learn Science) เป็นการเขียนเพื่อถ่ายทอดถึงความคิด ทำความเข้าใจหรือประสบการณ์ต่างๆ ของผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้นๆ เช่น การจัดทำรายงานผลการทดลองด้วยการเขียน การจดบันทึกเป็นข้อความที่แสดงถึงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ รวมทั้งการเขียนเป็นแผนผังหรือการวาดภาพโครงร่างต่าง ๆ เพื่อแสดงถึงความเข้าใจและสามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้ จนอาจนำไปสู่การโต้แย้งความคิดแล้วนำมาปรับปรุงข้อสรุปของตนให้มีความเหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ

Gillespie (2014, pp. 4-5) ไว้กล่าวว่า สำหรับในการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing for Learn Science) เป็นการเขียนเพื่อใช้สื่อสารด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ให้กับผู้อื่นได้เข้าใจในแนวคิดของตนเอง อาจเป็นการเขียนอภิปรายหรือรายงานผลการทดลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน (ผลการทดลอง) ที่มีการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้าง อีกทั้งยังเป็นการถ่ายทอดทางด้านภาษาในอีกลักษณะหนึ่งที่ต้องใช้ทักษะความสามารถจากการฟัง พูด อ่าน และเขียน เพื่อแสดงถึงความเข้าใจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และทำให้เกิดการแปลกเปลี่ยนความรู้ในลักษณะที่เกิดจากการโต้แย้ง ที่จะสามารถนำไปสู่การเชื่อมความรู้เดิมและความรู้ใหม่ได้มากขึ้น

Institute for Inquiry (2015, p. 1) กล่าวว่า การเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing for Science Learning) เป็นการเขียนที่ไปในเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อการนำเสนอในสิ่งที่ผู้ศึกษานั้นได้ค้นพบ ในรูปแบบของตัวอักษรหรือเป็นแผนภาพ เช่น การอภิปรายผลการทดลอง หรือการตีพิมพ์

ข้อความ เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเกิดความเข้าใจในหลักการ แนวคิด ของผู้จัดทำ และยังถือว่าการเขียนหรือการจดบันทึกเป็นรูปแบบหนึ่งของการรวบรวมข้อมูลการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งผู้ที่ทำการศึกษาจะทำการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ หรือจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในห้องทดลอง แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาลงข้อสรุปเป็นตนเองได้

สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ (2557, น. 206-207) ได้กล่าวว่า การเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing for Science Learning) เป็นการเขียนสื่อสาร หรือบันทึกถ่ายทอดภาษาเพื่อแสดงออกของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ตัวอักษร และเครื่องหมายต่าง ๆ เป็นสื่อ รวมทั้งการเขียนยังเป็นทักษะการใช้ภาษาที่ต้องอาศัยความรู้จากการฟัง การพูด และการอ่าน เพราะจะทำให้มีข้อมูลและประสบการณ์ที่จะทำให้เกิดความคิด และแสดงถึงความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลและเรียบเรียงข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และถ่ายทอดความคิดความเข้าใจเหล่านั้นออกมา สื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้น สามารถกล่าวสรุปว่า การเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing for Science Learning) เป็นการเขียนเพื่อที่จะถ่ายทอดภาษาที่ต้องใช้ความรู้จากการฟัง การพูด และการอ่าน แสดงถึงความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตจากการค้นพบและการเขียนอภิปรายผลการทดลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ที่มีการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้าง โดยใช้ตัวอักษรและเครื่องหมายหมายต่างๆ และยังแสดงถึงความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลและเรียบเรียงข้อมูลที่ได้อาศัยจากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่นได้ จนนำไปสู่การโต้แย้งและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเองได้

2. **ความสำคัญและเงื่อนไขของการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

2.1 **ความสำคัญสำหรับการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

การเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing for Science Learning) เป็นกิจกรรมในชั้นเรียนซึ่งสามารถส่งเสริมนักเรียนในด้านของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น โดยทั่วไปแล้วมักเป็นการจดบันทึกสิ่งที่เป็นปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติหรือเกิดขึ้นจากการทดลองในห้องปฏิบัติการของชั้นเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ที่เน้นการปฏิบัติหรือการทดลอง ในการเรียนรู้จะมีกิจกรรมมากมายให้นักเรียนได้ปฏิบัติ เช่น การตั้งคำถาม การวางแผนทดลอง การดำเนินการทดลอง สังเกตและรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อลงข้อสรุป กิจกรรมดังกล่าวล้วนต้องผ่านการเขียนหรือการจดบันทึกทั้งสิ้น อีกทั้งสามารถมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดได้เช่นกัน

หากผ่านการประเมินและการลงข้อสรุปร่วมกันในชั้นเรียนแล้ว และการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยังสนับสนุนการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ ซึ่งทำให้นักเรียนมีโอกาสที่จะแสดงความคิดของตนเองในขณะที่ปฏิบัติตามกิจกรรมในชั้นเรียนได้ด้วย (Institute for Inquiry, 2013, pp. 2-3)

ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มักจะจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำการทดลองครูผู้สอนมักแนะนำให้นักเรียนมีสมุดเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสได้เขียนหรือจดบันทึกในการเรียนรู้ซึ่งสมุดนั้นจะถูกเรียนว่า สมุดบันทึกวิทยาศาสตร์ สมุดเหล่านี้จะเป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนได้บันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อให้เกิดความคิดต่อยอด ทำให้สามารถสร้างความหมายด้วยการใช้วิทยาศาสตร์และภาษาที่เกี่ยวกับการตั้งคำถาม คำกล่าวอ้าง หลักฐานต่าง ๆ และข้อมูลที่คนอื่นกล่าวไว้ รวมถึงการสะท้อนความคิดที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุง แก้ไข หรือการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดตนเอง (Shawn, M., et al., 1994, p. 1064)

การเขียนมีมากมายหลากหลายแบบที่แสดงให้เห็นถึงการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนแนวความคิดเพื่อสร้างความหมายในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เช่น การเขียนแบบร่าง การเขียนแบบแผนภาพ การเขียนที่อาจเป็นข้อความอธิบายถึงความเข้าใจเป็นรายงาน หรือการสร้างรายการข้อความ ซึ่งทั้งหมดนี้เกิดขึ้นจากการให้นักเรียนได้กระทำอย่างเป็นอิสระและนักเรียนยังได้สำรวจกระบวนการคิดของตัวเอง ดังนั้นการเขียนจึงเป็นการสร้างแนวความคิดอีกวิธีหนึ่งที่จำเป็นต่อการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ กลวิธีการเขียนเพื่อการเรียนรู้ถูกนำมาผสมเข้าไปในประสบการณ์การเรียนรู้ขณะที่นักเรียนได้เขียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ อาจกล่าวได้ว่า นักเรียนจะต้องมีเหตุผลและเป้าหมายในการเขียนเพราะนักเรียนจำเป็นต้องเขียนเพื่อคิดบันทึกข้อสังเกต สร้างคำกล่าวอ้าง เก็บหลักฐาน และสื่อสารกับกับคนอ่านที่หลากหลาย อีกหนึ่งสิ่งที่สำคัญในการเขียนในห้องเรียนก็คือ การเขียนสรุปในตอนสุดท้ายของหน่วยการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องเขียนข้อสรุปจากการเรียนรู้ของนักเรียนเอง ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบเฉพาะของตนเองและมีเป้าหมายสำหรับให้ผู้อ่านที่แตกต่างกัน ภาระงานของนักเรียนนี้ไม่ใช่เพียงแค่การรายงานหรือการนำเสนอการเรียนรู้ แต่เป็นการสร้างบทสรุปเพื่อการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากข้อสรุปนั้นอธิบายสิ่งที่พวกเขาได้ต่อรองความคิดและปรับเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองจนเป็นความเข้าใจที่มีอยู่ขณะนั้นและถูกบรรจุลงไปในกรอบความคิดของนักเรียนแต่ละคน (สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2557, น. 207)

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Writing for Science Learning) มีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งเป็นทักษะทางภาษาอย่างหนึ่ง และมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การเขียนยังเป็นการขับเคลื่อนกระบวนการคิดที่หัวใจสำคัญ ของ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะจำเป็นต้องใช้ และที่สำคัญคือนักเรียนจะต้องได้รับโอกาสในการฝึกฝนตนอย่างสม่ำเสมอ ครูผู้สอนต้องมีการวางแผนและออกแบบกิจกรรมเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้ใช้และพัฒนาทักษะการเขียนและทักษะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์บรรลุเป้าหมายตามที่คาดหวังไว้ได้

**2.2 เงื่อนไขสำคัญที่ทำให้การเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ**

Institute for Inquiry (2015, pp. 2-3) นำเสนอเงื่อนไขสำคัญที่จะทำให้การเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ประกอบด้วย

2.2.1 นักเรียนมีประสบการณ์ที่น่าสนใจและการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้เขียนเกี่ยวกับเรื่องนั้น

2.2.2 ครูให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับการเขียนได้อย่างชัดเจนกับปรากฏการณ์หรือประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจง

2.2.3 ครูจัดเตรียมรูปแบบการคิดและการเขียนที่นักเรียนจะต้องทำ เพื่อการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย (ตัวอย่างเช่น การแสดงแบบบันทึกที่ใช้ร่วมกันก่อนชั้นเรียน)

2.2.4 นักเรียนควรใช้ภาษาที่สื่อสารเข้าใจง่ายในชีวิตประจำวันเพื่อแสดงความคิดเห็นและให้ความสำคัญกับการสื่อสารความคิดอย่างชัดเจน แม้ว่าการสะกดและไวยากรณ์จะไม่สมบูรณ์

2.2.5 นักเรียนมีโอกาสพูดคุยก่อนที่จะเขียน (ถ้านักเรียนพูดอะไรได้บ้างก็จะเขียนได้ง่ายกว่า)

2.2.6 นักเรียนเลือกจับคู่หรือจัดกลุ่มเพื่อช่วยกันและกันในการเขียนและจัดเตรียมตัวเขียนโดยการพูดคุย

2.2.7 การจัดทำรูปแบบเพื่อนำเสนอที่มีความหลากหลายทางภาษา (โปสเตอร์, word bank, charts, pictures) เป็นทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์ในห้องเรียน

2.2.8 ในการเรียนของนักเขียนครั้งแรกที่ได้รับการสนับสนุนให้แสดงความคิดผ่านภาพและคำพูด – ภาพวาดอาจเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการผสมผสานกับการเขียน

2.2.9 นักเรียนจะได้รับข้อเสนอแนะเชิงสร้างสรรค์เกี่ยวกับการเขียนเพื่อผลักดันให้พวกเขาขยายและชี้แจงความคิดของพวกเขา

**3. ขั้นตอนการสอนสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้**

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ Pedaste, M., et al., (2015, p. 54) เพราะรูปแบบการสอนที่ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์การสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการสืบค้นข้อมูลและการทดลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้อง และรายละเอียดของขั้นตอนการสอนที่ชัดเจน อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ เตชทัต เรืองธรรม (2559, น. 8) เพราะมีรูปแบบการสอนที่เป็นการส่งเสริมการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น การเขียนเพื่อระบุประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ การเขียนเพื่อสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ และให้ความสำคัญกับการบันทึกข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแนวคิด และการสร้างแนวคิดใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอขั้นตอนการสอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดในตาราง 10

**ตาราง 10 แสดงความสอดคล้องในแต่ละขั้นตอนการสอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

| ขั้นที่ | การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry based learning integrated with science writing heuristic technique) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **ชื่อขั้นตอน** | **การปฏิบัติกิจกรรม** | **การกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุน** | **ตัวบ่งชี้สมรรถนะ** |
| 1 | ขั้นการกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) | - นักเรียนทำการกำหนดปัญหาและตั้งคำถามเริ่มต้นก่อนการทำกิจกรรม ซึ่งคำถามต้องเป็นสิ่งที่สามารถหาคำตอบได้จากการทดลอง โดยครูเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ที่มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงกับบทเรียนในเรื่อง พอลิเมอร์ | - การนำเสนอเหตุการณ์บางอย่างให้แก่นักเรียนในตอนเริ่มต้นกิจกรรมจะสามารถทำให้นักเรียนได้ตั้งคำถามได้ง่ายขึ้น และการมีคำถามก่อนการทดลองหรือกิจกรรมทางวิทยาสาสตร์ จะเป็นเป้าหมายของการหาคำตอบเพื่อบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้ได้ (Burk, K.A., et al., 2006, p. 1033) | - |
| 2 | ขั้นการทดลอง (Experimentation) | - แบ่งกลุ่มนักเรียน เพื่อทำกิจกรรมการทดลอง โดยนักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันออกแบบ และวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น การสร้างตารางเพื่อใช้บันทึกผลการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และรูปแบบการนำเสนอข้อมูล แล้วทำการทดลอง | - ในการทำการทดลองนักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการออกแบบ และวางแผนการทำกิจกรรมการทดลองก่อน เช่น วิธีการเก็บข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งออกแบบการทดลอง เพื่อทำให้เป็นระบบและป้องกันความผิดพลาดในการทดลอง (Pedaste, M., et al., 2015, p. 55) | - |

ตาราง 10 (ต่อ)

| ขั้นที่ | การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry based learning integrated with science writing heuristic technique) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ชื่อขั้นตอน | การปฏิบัติกิจกรรม | การกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุน | ตัวบ่งชี้สมรรถนะ |
| 3 | ขั้นการสังเกต (Observation) | - นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทดลองแล้วทำการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนออกแบบไว้ ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่ในการกระตุ้นนักเรียน โดยเดินเข้าไปยังกลุ่มของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้คำแนะนำในการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน | - ขณะทำการทดลองนักเรียนต้องจดบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นว่าเป็นอย่างไร โดยจดบันทึกจากการสังเกตลงในแบบบันทึกที่นักเรียนได้สร้างขึ้น และครูจะทำหน้าที่ในการกระตุ้นให้นักเรียนค้นพบสิ่งที่ต้องการรู้จากการทดลอง เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเสร็จนักเรียนควรจะมีการพูดคุยกันก่อนนำไปสู่การลงข้อสรุป (Burk, K.A., et al., 2006, p. 1034) | - แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น |
| 4 | ขั้นลงข้อสรุป (Claim) | - นักเรียนมีการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และแปลงข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบของการเขียนอภิปรายผลการทดลองของตนเองร่วมกับเพื่อน ๆ เพื่อสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง | - นักเรียนจะมีการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากผลการทดลอง แล้วเขียนอภิปรายผลการทดลองกันในกลุ่มก่อน เพื่อพิจารณาข้อมูลว่าสอดคล้องกับผลการทดลองหรือไม่ เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปของกลุ่มตนเองและตอบคำถามเริ่มต้น (Burk, K.A., et al., 2006, p. 1034) | - แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น<br>- วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป |

ตาราง 10 (ต่อ)

| ขั้นที่ | การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry based learning integrated with science writing heuristic technique) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ชื่อขั้นตอน | การปฏิบัติกิจกรรม | การกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุน | ตัวบ่งชี้สมรรถนะ |
| 5 | ขั้นการระบุประจักษ์พยาน (Evidence) | - นักเรียนได้มีการเขียนอธิบายถึงประจักษ์พยานที่มีอยู่ เพื่อนำมาสนับสนุนข้อสรุป ซึ่งเป็นการพิสูจน์ข้อสรุปของนักเรียนที่ได้โดยใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองเหล่านั้น | - การทำการทดลองมักจะมีการทำซ้ำๆ เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำ และมักใช้การให้เหตุผลในการสนับสนุนกับสิ่งที่เกิดขึ้นในการทดลอง หรืออาจสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่างๆ ที่ผ่านการพิจารณาแล้วมาอ้างอิงกับผลการทดลองเพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง (Burk, K.A., et al., 2006, p. 1035) | - ระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์<br>- ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย |

ตาราง 10 (ต่อ)

| ขั้นที่ | การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry based learning integrated with science writing heuristic technique) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ชื่อขั้นตอน | การปฏิบัติกิจกรรม | การกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุน | ตัวบ่งชี้สมรรถนะ |
| 6 | ขั้นการสังเคราะห์และการโต้แย้ง (Synthesis and Argumentation) | - นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ศึกษาสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียนเพิ่มเติม เอกสาร ใบความรู้ วารสารวิทยาศาสตร์ หรืออินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาสนับสนุนผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ให้มีความน่าเชื่อถือ โดยมีการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นร่วมกันภายในกลุ่มแล้วทำการเรียบเรียงข้อมูลด้วยวิธีการเขียน แล้วนำเสนอข้อมูลทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของเพื่อนกลุ่มอื่น มีการเสนอความคิดเห็นและข้อโต้แย้งกันระหว่างกลุ่มเพื่อเป็นการหาข้อสรุปที่ดีที่สุด โดยใช้ชุดข้อมูลที่นักเรียนมีอยู่เป็นหลักฐานในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ | - หลักจากการทำการทดลองหรือการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้ว ควรอ่านเพื่อทำความเข้าใจหรือนำข้อมูลเหล่านั้นไปเปรียบเทียบกับผู้อื่นหรือแหล่งข้อมูลอื่นเพื่อตรวจสอบว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ แล้วทำการจัดระเบียบและเรียบเรียงข้อมูลใหม่ที่เป็นความเข้าใจของตนเอง (Pedaste M. et al., 2015, p. 55)<br>- ให้นักเรียนมีการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันซึ่งผลการทดลองที่แตกต่างกันจะสามารถทำให้เกิดการโต้แย้งในชั้นเรียนได้ โดยใช้หลักฐานที่ได้จากการสืบค้นมาอ้างอิง และเปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับเพื่อนเพื่อพิจารณาว่าสิ่งเหล่านั้นสามารถนำมาอธิบายและเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้นหรือไม่ (Burk, K.A., et al., 2006, p. 1035) | - แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น<br>- ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย |

ตาราง 10 (ต่อ)

| ขั้นที่ | การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry based learning integrated with science writing heuristic technique) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ชื่อขั้นตอน | การปฏิบัติกิจกรรม | การกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุน | ตัวบ่งชี้สมรรถนะ |
| 7 | ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflection) | - นักเรียนทำการสำรวจแนวคิดของตนเองว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร หลังจากการโต้แย้งและอภิปรายร่วมกันทั้งภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม และข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงภายนอก โดยอธิบายว่ามีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเองเพราะอะไร พร้อมระบุเหตุผลประกอบ | - การเก็บรวมรวบข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อแนวคิดของตนเองหรือไม่ โดยนักเรียนมีการประเมินข้อโต้แย้งที่มาจากเพื่อนและข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งต่างๆ และสำรวจแนวคิดของตนเองว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงแนวคิดนี้มักจะต้องมีการให้เหตุผลสนับสนุนว่าแนวคิดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (Burk, K.A., et al., 2006, p. 1034) | - ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย |
| 8 | ขั้นการเขียน (Writing) | - นักเรียนเขียนอธิบายความเข้าใจหลังจากผ่านกิจกรรมทั้งหมดเพื่อแสดงถึงแนวความคิดของตน บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดลองผ่านการเขียนรายงานผลการทำกิจกรรม ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาสาระที่เรียน เพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ตอนเริ่มต้น | - เป็นการเขียนอธิบายความเข้าใจของตนเอง และแสดงแนวคิดหลักบนพื้นฐานของผลการทดลอง และประจักษ์พยานต่างๆ ที่ได้จากการสืบค้นที่มีอยู่ เพื่อเป็นการเสนอข้อมูลทั้งหมด โดยจะต้องมีการเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาที่เรียน เพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ ตั้งแต่ตอนเริ่มต้น (เตชทัต เรืองธรรม, 2559, น. 9) | - แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น<br>- วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป<br>- ระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยานและเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ |

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

อรพรรณ ธนะขว้าง (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีบริบทร่วมกับกระบวนการสืบเสาะความรู้แบบ 7E ที่มีผลส่งต่อถึงสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง มนุษย์กับสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า สมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งนักเรียนมีผลของตัวบ่งชี้ด้านที่ 1 การรู้ว่าต้องใช้ประจักษ์พยานใด ที่มีผลดีมากที่สุด รองมาคือตัวบ่งชี้ในด้านที่ 2 สร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการวิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การเขียนเพื่อระบุประจักษ์พยานที่ได้ในขณะสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละช่วงจึงทำให้นักเรียนสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการตอบคำถามและปัญหาของบริบทในกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา อีกทั้งยังสนับสนุนให้นักเรียนได้แปลงข้อมูลจากหลักฐานหรือประจักษ์พยานที่มีอยู่เพื่อสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปที่สอดคล้องกัน โดยใช้การเขียนอย่างเป็นลำดับขั้นตอนซึ่งจะสามารถทำให้นักเรียนมีการเรียบเรียงเนื้อหาหรือคำกล่าวอ้างได้อย่างเป็นระบบ สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ในข้อสรุปของนักเรียนได้ถูกต้อง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่นำรูปแบบการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและมีสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานได้ดีมากขึ้น

จิรารัตน์ แสงศร (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์โดยการนำการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ดีขึ้น ซึ่งนักเรียนมีการพัฒนาทางด้านตัวบ่งชี้ของการระบุข้อสันนิษฐาน หลักฐานและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด รองลงมาคือวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น ตามลำดับ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะในขั้นตอนการสอนมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากหลักฐานที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้อื่น เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานโดยมีการให้เหตุผลสนับสนุน และช่วยให้นักเรียนได้ประเมินข้อโต้แย้งและแยกแยะ

ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากแหล่งที่มาที่ต่างกัน โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมมีขั้นตอนการเขียนรายงานผลการตรวจสอบ ซึ่งนำการเขียนเข้ามาใช้ในการเรียนรู้โดยนักเรียนต้องสรุปกิจกรรมที่ได้นำเสนอในรูปแบบการเขียนรายงานผลการตรวจสอบ ต้องมีการแปลงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหนึ่งสู่รูปแบบการนำเสนออื่นๆ เช่น กราฟ แผนภูมิ หรือตาราง แล้วนำมาวิเคราะห์และตีความข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล รวมถึงการเขียนระบุหลักฐานและการให้เหตุผลจากตำราวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องแล้วสื่อสารออกมาในรูปแบบการเขียนรายงานทางวิทยาศาสตร์

Gormally, C., et al., (2009) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวที่กับการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งผลต่อการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการแสดงผลการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาถึงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ พบว่า สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มีผลการประเมินที่สูงที่สุด รองมาคือ สมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ในการวิจัยมีกิจกรรมให้ปฏิบัติที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ภายในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ซึ่งในระหว่างที่นักเรียนได้ทำกิจกรรม นักเรียนจะมีการจดบันทึกข้อมูลด้วยกลวิธีการเขียนจึงทำให้นักเรียนได้มีการฝึกฝนกระบวนการคิดอย่างต่อเนื่อง เมื่อถึงบทสรุปสุดท้ายที่ต้องสร้างคำอธิบายที่แสดงถึงองค์ความรู้ของนักเรียนจึงทำให้สามารถเขียนเพื่อสร้างคำอธิบายที่แสดงถึงความเข้าใจได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งนักเรียนยังมีการเชื่อมโยงถึงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายที่สร้างขึ้นและสามารถระบุหลักฐานที่ใช้ได้อย่าง ถูกต้องและครบถ้วน

Arief, M. K., et al., (2015) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามระดับของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อปรับปรุงผลการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมตอนปลาย พบว่า นักเรียนมีแสดงผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้สูงที่สุด เมื่อพิจารณาถึงตัวบ่งชี้ของสมรรถนะนี้ พบว่า นักเรียนมีผลของตัวบ่งชี้การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุปได้มากที่สุด รองมาคือตัวบ่งชี้การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เพราะในการวิจัยได้เน้นการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาแก้ปัญหากับสถานการณ์ต่อหน้าที่เกิดขึ้นจริง ทำให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ได้อย่างจริงจังและขณะในการทำกิจกรรมนั้นครูได้ให้นักเรียนได้จดบันทึกเกี่ยวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่พบเจอหรือได้รับระหว่างการเรียนรู้ จึงสามารถทำให้นักเรียนได้รู้จักการใช้หลักฐานเหล่านั้นในการลงข้อสรุปได้เป็นอย่างดี และยังสนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนเองได้อย่าง

ถูกต้องจึงทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ ในระหว่างการสืบเสาะและทำให้นักเรียนได้มีการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลได้ดีมากขึ้น

**2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

Rudd, A., et al., (2007) ได้ใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ในการทำกิจกรรมการทดลองทางเคมี เพื่อปรับปรุงแนวคิดของนักเรียนในเรื่องภาวะสมดุลทั่วไป พบว่า การใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องภาวะสมดุลทั่วไปได้ดีขึ้น เนื่องจากในกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้จดบันทึกจากสิ่งที่เกิดขึ้นในการทดลองเป็นความเข้าใจของตน โดยการวิเคราะห์และแปลความหมายจากหลักฐานที่ปรากฏ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับเพื่อนซึ่งนักเรียนจะมีการประเมินแนวคิดต่างๆ ที่ได้รับว่าจะตัดสินใจเชื่อและมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมหรือไม่ โดยสุดท้ายแล้วนักเรียนจำเป็นต้องเขียนอธิบายความเข้าใจเมื่อเสร็จกิจกรรมการทดลองที่เชื่อมโยงถึงประจักษ์พยานและข้อสรุป ดังนั้นผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการมีนักเรียนมีการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดีและยังได้แสดงพฤติกรรมที่สามารถสอดคล้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนได้แสดงออกตรงกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ เช่น การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป อีกทั้งการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบของการจดบันและการเขียนรายงานทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นโอกาสที่ดีสำหรับนักเรียนในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดที่ระบุไว้ในกิจกรรมการเรียนรู้

Arnold (2011) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่นำเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เกี่ยวกับการเรียนรู้รายวิชาเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่นำเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทที่สำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กันในห้องเรียน อย่างเช่น การอภิปรายผลการทดลองที่อธิบายแนวคิดและความเข้าใจในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดตนเองกับผู้อื่น อีกทั้งสามารถเกิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนได้โดยพิจารณาจากผลการทดลองที่แตกต่างกัน ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการใช้หลักฐานหรือผลการทดลองที่เกิดขึ้นมาอ้างอิงพร้อมทั้งให้เหตุผลสนับสนุนคำกล่าวอ้างเหล่านั้น และในท้ายที่สุดนักเรียนจะต้องเขียนความเข้าใจของตนเองโดยมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ออกมานำรูปแบบของรายงานการทดลอง ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนรู้ที่นำเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์จึงทำให้การเรียนรู้วิชาเคมีมีความหมายมากขึ้น และทำให้ผลสัมฤทธิ์ที่แสดงถึงความเข้าใจของนักเรียนสูงขึ้น

Kingir & Gunel (2012) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่นำเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการทดลองในวิชาเคมี พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่นำเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในกิจกรรมการทดลองส่งผลต่อแนวคิดและความเข้าใจของนักเรียนที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีพัฒนาสูงขึ้น ซึ่งการเขียนทางวิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและตั้งคำถามเบื้องต้นก่อนการทดลองเพื่อเน้นให้นักเรียนหาคำตอบจากการทดลอง ซึ่งมีความแตกต่างจากการเรียนรู้แบบปกติ และการเขียนทางวิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญกับการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเขียนหรือจดบันทึกเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต แล้ววิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเหล่านั้นเพื่อนำเสนอข้อสรุป มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับหลักฐานซึ่งในกิจกรรมอาจทำให้เกิดการโต้แย้งขึ้นได้ นักเรียนต้องให้เหตุผลสนับสนุนกับคำกล่าวอ้างดังกล่าว ประเมินแนวคิดและข้อโต้แย้งของคนอื่นว่ามีความสอดคล้องกับหลักฐานหรือไม่ ดังนั้นการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) จึงสามารถทำให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองโดยการเชื่อมความรู้ใหม่และความรู้เดิมเพื่อลงข้อสรุป และเขียนรายงานการทดลองที่แสดงถึงความเข้าใจในการเรียนรู้ที่มากขึ้น

Tucel (2016) ใช้แนวเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจในทฤษฎีที่เกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกิจกรรมการเขียนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทำการทดลอง โดยสังเกตสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปและจดบันทึกลงในสมุดวิทยาศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น ข้อมูลตาราง ข้อมูลแผนภาพที่เป็นความเข้าให้ของตนเองแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมานำเสนอโดยที่หลักฐานจากการทดลองจะถูกนำมาใช้อ้างอิงถึงข้อสรุปดังกล่าว การจัดกิจกรรมดังกล่าวจะทำให้เกิดการโต้แย้งในชั้นเรียนได้ ดังนั้นนักเรียนจะต้องการแสดงการประเมินข้อโต้แย้งเหล่านั้นว่ามีความสอดคล้องกับหลักฐานหรือการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ซึ่งทำให้นักเรียนมีการตัดสินใจว่าจะเชื่อและเปลี่ยนแปลงความคิดไปจากเดิม โดยการกระทำดังกล่าวเกิดขึ้นในขั้นการสอนการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ซึ่งผลการศึกษาที่ออกมาแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น กว่าเดิมเมื่อเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมของครูผู้สอนและนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่สูงขึ้น

Nurnberg (2017) ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมโดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เพื่อศึกษาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอสามารถพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยหากพิจารณาที่ขั้นการสอนกิจกรรมเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเขียนในการทำการทดลอง นักเรียนจะมีการตั้งคำถามก่อนการทดลองเพื่อเป็นเป้าหมายของการหาคำตอบ นักเรียนต้องออกแบบการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ ตามลักษณะเฉพาะส่วนบุคคล อีกทั้งต้องสังเกตและจดบันทึกซึ่งเป็นการแปลงข้อมูลในรูปแบบการเขียน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเพื่อนำมาสู่การลงข้อสรุปบนพื้นฐานของประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง ซึ่งในกิจกรรมได้ส่งเสริมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนจะโต้แย้งกันบนพื้นฐานของประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างนั้น นักเรียนจะต้องมีการประเมินข้อโต้แย้งและพิจารณาว่าแนวความคิดของตนเองมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เพาะเหตุใด ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนจะได้เขียนความเข้าใจเป็นรายงานผลการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงถึงประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีเนื้อหาที่เรียนได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจากการทำกิจกรรมในขั้นตอนการสอนโดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) นักเรียนได้แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ จึงสามารถทำให้ผลการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้นเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบดั้งเดิม

จากเอกสารงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องที่นำเสนอทั้งหมดนี้ กล่าวพอสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) มีความสัมพันธ์กันอย่างมากเพราะเนื่องจากการเขียนทางวิทยาศาสตร์จะเป็นตัวขับเคลื่อนกระบวนการคิดที่เป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เมื่อทำการปรับรูปแบบของขั้นการสอนก็จะยังเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองในห้องเรียน และมีความเหมาะสมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ขณะทำกิจกรรมการทดลองผ่านการเขียน และการจดบันทึก ซึ่งนักเรียนสามารถออกแบบการทดทดลองและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งรูปแบบการนำเสนอตามความพึงพอใจของนักเรียนเอง อีกทั้งในขั้นการสอนเปิดโอกาสให้นักเรียน

ได้แลกเปลี่ยนความรู้กันซึ่งผลการทดลองที่แตกต่างกันนั้น จะสามารถทำทำให้เกิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นภายในห้องเรียนได้ ดังนั้นนักเรียนอาจต้องประเมินข้อมูลและข้อโต้แย้งที่ได้จากเพื่อนว่ามีความสอดคล้องกับประจักษ์พยานที่มีอยู่หรือไม่ รวมทั้งสะท้อนแนวคิดของตนเองว่าหลังจากทำการแลกเปลี่ยนความรู้แล้วแนวคิดของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ และในขั้นการสอนสุดท้ายนักเรียนจำเป็นต้องเขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวความคิดของตนบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมการทดลอง ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาที่เรียน จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ผู้วิจัยเชื่อว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาสมรรถนะสมรรถนะดังกล่าวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของการสืบเสาะและเทคนิคนี้สามารถส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ได้ชัดเจน

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินงานวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องพอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีดำเนินงานวิจัยโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย
2. รูปแบบการวิจัย
3. บริบทของโรงเรียนและห้องเรียน
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

## กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2561 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 42 คน เป็นนักเรียนชาย 15 คน นักเรียนหญิง 17 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งนักเรียนห้องนี้มีความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมต่ำกว่านักเรียนห้องอื่น ๆ โดยพิจารณาจากผลคะแนนของการทำกิจกรรมรายวิชาเคมีของนักเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

## รูปแบบการวิจัย

รูปแบบของการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้แก่ ใบกิจกรรม แบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูล

และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ โดยเน้นการวิเคราะห์และการตีความข้อมูลเพื่ออธิบายถึงพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (ลือชา ลดาชาติ, 2558, น. 19-21)

**บริบทของโรงเรียนและห้องเรียน**

**บริบทของโรงเรียน**

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการ ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน ที่มีเป้าหมายในการเน้นคุณธรรม ประยุกต์ใช้ความรู้ มุ่งสู่มาตรฐานสากล ดำรงตนอยู่อย่างพอเพียง อยู่เคียงคู่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม พร้อมด้วยเทคโนโลยี เพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้จึงมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ เช่น การสนับสนุนในการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียน การจัดสภาพแวดล้อมภาพในโรงเรียนให้เป็นแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมถึงรูปแบบวิธีการสอนของครู โดยในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบและวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ของครูในกลุ่มสาระเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ได้ดีมากขึ้น และยังสอดคล้องเกี่ยวกับความต้องการของตลาดแรงงานในปัจจุบัน และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาในด้านอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปปรับใช้ดำรงตนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงได้ ดังนั้นจึงมีการวัดระดับการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนเพื่อเป็นข้อมูลในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

**บริบทของห้องเรียน**

โดยภาพรวมของห้องเรียนมีความพร้อมในด้านเทคโนโลยี และมีการจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนและครูผู้สอนมีการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพเช่น อุปกรณ์ขยายเสียง เครื่องฉายพร้อมจอรับภาพจำนวน 1 เครื่อง ซึ่งในห้องเรียนวิทยาศาสตร์มีโต๊ะนั่งเรียนที่เหมาะสมต่อการเคลื่อนย้ายและทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน มีอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีบางอย่างที่สามารถจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ผู้วิจัยนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ และมีเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 เครื่อง เพื่อให้นักเรียนได้ทำการสืบค้นข้อมูลอื่น ๆ ทางวิทยาศาสตร์ในขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้ โดยในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีจะเน้นการปฏิบัติการทดลองเป็นส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องใช้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์อยู่บ่อยครั้ง

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วยเครื่องมือทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่อง พอลิเมอร์ ประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ย่อย 4 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนเรื่อง ผลิตภัณฑ์พลาสติก จำนวน 3 ชั่วโมง

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนเรื่อง ผลิตภัณฑ์เส้นใย จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนเรื่อง ผลิตภัณฑ์ยาง จำนวน 3 ชั่วโมง

2. ใบกิจกรรม เรื่อง พอลิเมอร์ ในแต่ละแผนการเรียนรู้ (จำนวน 4 กิจกรรม) ได้แก่

2.1 ใบกิจกรรมโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

2.2 ใบกิจกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก

2.3 ใบกิจกรรมผลิตภัณฑ์เส้นใย

2.4 ใบกิจกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

3. แบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

4. แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์

**การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

**1. การสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ และตัวอย่างการจัดกิจกรรมการทดลอง

1.2 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตร รายวิชาเคมีเพิ่มเติม ว32224 เคมี 4 เพื่อกำหนดแนวคิดหลักในด้านสาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ รวมถึงการแบ่งเนื้อและการกำหนดให้เหมาะสมกับเวลาในการทำกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้

1.3 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาสาระและทำการวิเคราะห์เนื้อหา ในเรื่อง พอลิเมอร์ ที่สามารถจะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และนำมาปรับใช้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี

1.4 จัดสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่อง พอลิเมอร์ จำนวน 4 แผน ซึ่งมีรายละเอียดของกิจกรรมดังตาราง 11

**ตาราง 11 แสดงลักษณะของกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

| แผนการเรียนรู้ (เวลาที่ใช้) | ลักษณะของกิจกรรม | สถานการณ์/คำถาม/ปัญหาในกิจกรรม |
|---|---|---|
| **แผนที่ 1**<br>โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>(3 ชั่วโมง) | - ให้นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์จากการทดลองและสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วนำเสนอข้อมูลทั้งหมด เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลซึ่งนำไปสู่การโต้แย้ง และสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จากการทำกิจกรรม โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 2 ตอน ดังนี้<br>**ตอนที่ 1** ให้นักเรียนกำหนดคำถามและปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เพื่อเป็นแนวทางในการทำกิจกรรม แล้วให้นักเรียนออกแบบ วางแผนและทำการทดลองเพื่อทดสอบสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน ทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจากการสังเกตลงในใบกิจกรรม ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล แล้วลงข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองที่มีอยู่<br>**ตอนที่ 2** ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือ โดยการสังเคราะห์ข้อมูลแล้วเรียบเรียงเป็นแนวคิดของตัวเอง แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลกับเพื่อนและทำการโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวกับการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ แล้วให้นักเรียนทำการประเมินแนวคิดของตนเองและเขียนอธิบายแนวความคิดที่เกี่ยวเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ลงในใบกิจกรรม | **สถานการณ์**<br>- การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์<br>(บริบทระดับส่วนตัว)<br><br>**คำถาม** (แนวคำถาม)<br>- โครงสร้างของพอลิเมอร์กับสมบัติของพอลิเมอร์มีความสัมพันธ์กันหรือไม่และส่งผลต่อการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์อย่างไร<br><br>**ประเด็นปัญหาจากสถานการณ์** (แนวปัญหา)<br>- การเลือกผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ไม่เหมาะสมต่อสถานการณ์และการใช้งาน |

ตาราง 11 (ต่อ)

| แผนการเรียนรู้ (เวลาที่ใช้) | ลักษณะของกิจกรรม | สถานการณ์/คำถาม/ปัญหาในกิจกรรม |
|---|---|---|
| **แผนที่ 2**<br>ผลิตภัณฑ์พลาสติก<br>(3 ชั่วโมง) | - ให้นักเรียนศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์พลาสติกแต่ละชนิดเพื่อจำแนกประเภท 2 ประเภท ได้แก่<br>1. เทอร์โมพลาสติก (แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม)<br>2. พลาสติกเทอร์โมเซต<br>รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์จากการทดลองและสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วนำเสนอข้อมูลทั้งหมด เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลซึ่งนำไปสู่การโต้แย้ง และสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จากการทำกิจกรรม โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 2 ตอน ดังนี้<br>**ตอนที่** 1 ให้นักเรียนกำหนดคำถามและปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เพื่อเป็นแนวทางในการทำกิจกรรม แล้วให้นักเรียนออกแบบ วางแผนและทำการทดลองเพื่อทดสอบสมบัติของตัวอย่างพลาสติกแต่ละชนิด ทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจากการสังเกตลงในใบกิจกรรม ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล แล้วลงข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองที่มีอยู่ว่าพลาสติกแต่ละชนิดควรจัดอยู่ในพลาสติกประเภทใด<br>**ตอนที่** 2 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือ โดยการสังเคราะห์ข้อมูลแล้วเรียบเรียงเป็นแนวคิดของตัวเอง แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลกับเพื่อนและทำการโต้แย้ง ในประเด็นที่เกี่ยวกับการจำแนกประเภทพลาสติกและการนำไปใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า แล้วให้นักเรียนทำการประเมินแนวคิดของตนเองและเขียนอธิบายแนวความคิดที่เกี่ยวเรื่องผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทพลาสติกลงในใบกิจกรรม | **สถานการณ์**<br>- การคัดแยกขยะพลาสติกในโรงเรียน<br>(บริบทระดับท้องถิ่น)<br><br>**คำถาม** (แนวคำถาม)<br>- ผลิตภัณฑ์พลาสติกแต่ละประเภทมีสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกันอย่างไร<br><br>**ประเด็นปัญหาจากสถานการณ์** (แนวปัญหา)<br>- การไม่จำแนกประเภทของขยะพลาสติกและการนำผลิตภัณฑ์พลาสติกไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่คุ้มค่า |

ตาราง 11 (ต่อ)

| แผนการเรียนรู้ (เวลาที่ใช้) | ลักษณะของกิจกรรม | คำถาม/ปัญหาในกิจกรรม |
|---|---|---|
| **แผนที่ 3**<br>ผลิตภัณฑ์<br>เส้นใย<br>(3 ชั่วโมง) | - ให้นักเรียนศึกษาสมบัติของเส้นใย แต่ละประเภท ได้แก่ เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน โดยผ่านการทำการทดลองและสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วนำเสนอข้อมูลทั้งหมด เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลซึ่งนำไปสู่การโต้แย้ง และสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จากการทำกิจกรรม โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 2 ตอน ดังนี้<br>**ตอนที่** 1 ให้นักเรียนกำหนดคำถามและปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เพื่อเป็นแนวทางในการทำกิจกรรม แล้วให้นักเรียนออกแบบ วางแผนและทำการทดลองเพื่อทดสอบสมบัติของตัวอย่างเส้นใยแต่ละประเภท ทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจากการสังเกตลงในใบกิจกรรม ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล แล้วลงข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองที่มีอยู่ ว่าเส้นใยแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกันอย่างไร<br>**ตอนที่** 2 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือ โดยการสังเคราะห์ข้อมูลแล้วเรียบเรียงเป็นแนวคิดของตัวเอง แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลกับเพื่อนและทำการโต้แย้ง ในประเด็นที่เกี่ยวกับการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เส้นใยในสภาพอากาศต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนทำการประเมินแนวคิดของตนเองและเขียนอธิบายแนวความคิดที่เกี่ยวเรื่องผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทเส้นใยลงในใบกิจกรรม | **สถานการณ์**<br>- การเลือกใช้เสื้อผ้าให้เหมาะสมกับสภาพอากาศในพื้นที่ภาคเหนือ (บริบทระดับท้องถิ่น)<br><br>**คำถาม** (แนวคำถาม)<br>- ผลิตภัณฑ์เส้นใยแต่ละประเภทมีสมบัติเป็นอย่างไร และมีการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกันอย่างไร<br><br>**ประเด็นปัญหาจากสถานการณ์** (แนวปัญหา)<br>- การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เส้นใยให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคมในพื้นที่ทางภาคเหนือ |

ตาราง 11 (ต่อ)

| แผนการเรียนรู้ (เวลาที่ใช้) | ลักษณะของกิจกรรม | คำถาม/ปัญหา ในกิจกรรม |
|---|---|---|
| **แผนที่ 4** ผลิตภัณฑ์ยาง (3 ชั่วโมง) | - ให้นักเรียนศึกษาสมบัติของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยางแต่ละประเภท ได้แก่ ยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์และการใช้งาน โดยผ่านการทำการทดลองและสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วนำเสนอข้อมูลทั้งหมด เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล ซึ่งนำไปสู่การโต้แย้ง และสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จากการทำกิจกรรม โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 2 ตอน ดังนี้<br>**ตอนที่ 1** ให้นักเรียนกำหนดคำถามและปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เพื่อเป็นแนวทางในการทำกิจกรรม แล้วให้นักเรียนออกแบบ วางแผนและทำการทดลองเพื่อทดสอบสมบัติของตัวอย่างยางแต่ละประเภท ทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจากการสังเกตลงในใบกิจกรรม ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล แล้วลงข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองที่มีอยู่ ว่ายางแต่ละประเภทมีสมบัติอย่างไร<br>**ตอนที่ 2** ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือ โดยการสังเคราะห์ข้อมูลแล้วเรียบเรียงเป็นแนวคิดของตัวเอง แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลกับเพื่อนและทำการโต้แย้ง ในประเด็นที่เกี่ยวกับการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ยางสำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี แล้วให้นักเรียนทำการประเมินแนวคิดของตนเองและเขียนอธิบายแนวความคิดที่เกี่ยวเรื่องผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทยางลงในใบกิจกรรม | **สถานการณ์**<br>- การเลือกใช้ถุงมือยางในห้องปฏิบัติการเคมีของโรงเรียน (บริบทระดับส่วนตัว)<br><br>**คำถาม** (แนวคำถาม)<br>- ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์มีสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกันอย่างไร<br><br>**ประเด็นปัญหาจาก สถานการณ์** (แนวปัญหา)<br>- การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางเหมาะสมหรือไม่ เกี่ยวกับการทดลองทางเคมีในบทเรียน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันอันตรายจากการสัมผัสกับสารเคมี |

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดสร้างและพัฒนาขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของกิจกรรมที่ถูกสร้างขึ้น รวมทั้งสื่อการการเรียนรู้อื่น ๆ แล้วดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

1.6 นำแผนการจัดการเรียนปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นโดยผ่านกระบวนการ Peer Review ที่ประกอบด้วยผู้เชียวชาญทั้งภายในและภายนอก ซึ่งมีจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

1.6.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นอาจารย์จากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

1.6.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมินผล คณะครุศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

1.6.3 ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูผู้สอนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ท่าน

เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้องของเนื้อหา ภาษา เวลาในกิจกรรม และความเหมาะสมแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข โดยผู้เชี่ยวชาญทำการพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ซึ่งปรับปรุงจากแบบประเมินผลการวิจัยเกณฑ์การประเมินผลตาม บุญชม ศรีสะอาด (2554, น. 121) ตามความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

5 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละรายการ แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

| ค่าเฉลี่ย | เกณฑ์การพิจารณา |
|---|---|
| 4.51-5.00 คะแนน | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด |
| 3.51-4.50 คะแนน | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก |
| 2.51-3.50 คะแนน | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง |
| 1.51-2.50 คะแนน | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย |
| 1.00-1.50 คะแนน | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด |

เกณฑ์เพื่อตัดสินผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าแผนการเรียนรู้มีความเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, น. 121)

สำหรับการวิจัยนี้เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งทราบค่าเฉลี่ยมีเท่ากับ 4.19, 4.13, 4.24 และ 4.51 คะแนน ตามลำดับ โดยที่ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ ในภาคผนวก ค

1.7 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีประเด็นการปรับปรุง ดังนี้

1.7.1 ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้

1.7.2 ปรับสถานการณ์ให้มีความน่าสนใจ และมีประเด็นปัญหาที่ชัดเจนขึ้น

1.7.3 ระบุแนวคำตอบและแนวทางการทำกิจกรรมให้ชัดเจน

1.7.4 ในการทำกิจกรรมควรเน้นนักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติ และระบุหน้าที่ของครูว่าทำอะไรบ้างในแต่ละขั้นการสอน

1.7.5 ปรับเกณฑ์การตรวจคำตอบของใบกิจกรรม ให้มีความชัดเจนมากขึ้น

1.7.6 ระบุสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการทำจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ระบุอ้างอิงเอกสารหรือหนังสือ และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

จากนั้นนำแผนที่ผ่านการปรับปรุงนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจความเรียบร้อย เพื่อจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2. **การสร้างใบกิจกรรม เรื่อง พอลิเมอร์ ในแต่ละแผน**

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เก็บข้อมูลจัดเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีการรายละเอียดการสร้างใบกิจกรรม ดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ และตัวอย่างการจัดกิจกรรมการทดลอง

2.2 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมการทดลองและการสืบเสาะหาความรู้ใน เรื่อง พอลิเมอร์ เพื่อกำหนดขอบเขตของเนื้อในการทำกิจกรรม

2.3 ออกแบบและสร้างใบกิจกรรม พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมที่ใช้สำหรับการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใบกิจกรรมที่ถูกสร้างและออกแบบมาใช้เพื่อเก็บข้อมูลเป็นรายบุคคล

2.4 นำใบกิจกรรมและเกณฑ์ที่ได้สร้างขึ้นไปนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของการออกแบบใบกิจกรรมแล้ว ดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ เพื่อจัดทำใบกิจกรรมที่สมบูรณ์และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

**3. การสร้างและพัฒนาแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

3.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการใช้แบบสังเกตสมรรถนะของนักเรียนในการทำกิจกรรมการทดลอง

3.2 ศึกษาเอกสารและกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์เพื่อศึกษารายละเอียดของพฤติกรรมหรือตัวบ่งชี้ที่นักเรียนต้องแสดงออกในสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

3.3 การออกแบบและสร้างแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ มีรูปแบบเป็นกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Observation) ที่ประกอบด้วย รายการของการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน และกรอบที่ใช้สำหรับจดบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนเพิ่มเติม และใช้เก็บข้อมูลเป็นรายกลุ่ม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การออกแบบรายการของการสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาศึกษาพฤติกรรมที่นักเรียนควรแสดงออกจาก เอกสารของ OECD (2017, p. 286) จึงมีรายละเอียดพฤติกรรมการสังเกตดังนี้

ตัวบ่งชี้ 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลที่ได้จากการทดลองและจากการสืบค้นให้อยู่ในรูปแบบการเขียนได้ และสามารถเลือกวิธีการนำเสนอข้อมูลได้

ตัวบ่งชี้ 2 การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายของชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลได้ และสามารถลงข้อสรุปที่เกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ได้

ตัวบ่งชี้ 3 การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ใช้ชุดข้อมูลเป็นหลักฐาน เพื่อสนับสนุนข้อสรุปอย่างเหมาะสม และสามารถระบุประจักษ์พยานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ รวมถึงการให้เหตุผลในทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยาน

ตัวบ่งชี้ 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น ๆ แยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์

พยานกับข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ เช่น คำกล่าวอ้างที่มาจากประเด็นสังคม หรือคำกล่าวอ้างที่มาจากประสบการณ์ เป็นต้น

ตัวบ่งชี้ 5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย สามารถประเมินข้อโต้แย้งที่มาจากการกล่าวอ้างของบุคคลอื่นได้ และแสดงการตัดสินใจเลือกที่จะสนับสนุนหรือคัดค้านข้อโต้แย้งที่มาจากแหล่งต่างๆ ได้

3.3.2 ออกแบบกรอบการจดบันทึกของการสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ออกแบบเพื่อใช้สำหรับจดบันทึกเป็นข้อมูลของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง และสอดคล้องตามประเด็นของตัวบ่งชี้

(ตัวอย่างของแบบสังเกตสมรรถนะของนักเรียนถูกนำเสนอใน ภาคผนวก ฉ)

3.4 นำแบบสังเกตสมรรถนะนักเรียนที่ได้ทำขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมแล้วดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

3.5 นำแบบสังเกตสมรรถนะของนักเรียนที่ทำขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นโดยผ่านกระบวนการ Peer Review ที่ประกอบด้วยผู้เชียวชาญทั้งภายในและภายนอก ซึ่งมีจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

3.5.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นอาจารย์จากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

3.5.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมินผล คณะครุศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

3.5.3 ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูผู้สอนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ท่าน

เพื่อทำการตรวจสอบ ความถูกต้องของรายการการสังเกตพฤติกรรม และความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญทำการพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดให้ซึ่งปรับปรุงจากแบบประเมินผลการวิจัย เกณฑ์การประเมินผลตาม บุญชม ศรีสะอาด (2554, น. 121) ตามความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

5 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมมาก
3 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมน้อย
1 หมายถึง เมื่อพิจารณาว่า แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตสมรรถนะที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละรายการ แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

| ค่าเฉลี่ย | เกณฑ์การพิจารณา |
|---|---|
| 4.51-5.00 คะแนน | แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมมากที่สุด |
| 3.51-4.50 คะแนน | แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมมาก |
| 2.51-3.50 คะแนน | แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมปานกลาง |
| 1.51-2.50 คะแนน | แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมน้อย |
| 1.00-1.50 คะแนน | แบบสังเกตสมรรถนะมีความเหมาะสมน้อยที่สุด |

เกณฑ์เพื่อตัดสินผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ แบบสังเกตสมรรถนะนี้ มีความเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าแบบสังเกตสมรรถนะนั้นเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, น. 121)

สำหรับการวิจัยนี้เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบสังเกตสมรรถนะ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยมีเท่ากับ 4.51 คะแนน

3.6 แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตสมรรถนะตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีรายละเอียดในการปรับแก้ ดังนี้

3.6.1 ปรับรายการของพฤติกรรมที่สังเกตให้สอดคล้องกับตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

3.6.2 ปรับเพิ่มหัวข้อหรือประเด็นที่ต้องการจดบันทึกในส่วนของการเขียนเพิ่มเติม

3.6.3 จัดรูปแบบของแบบสังเกตสมรรถนะให้มีความเหมาะสม

แล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเรียบร้อย เพื่อจัดทำเป็นแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

**4. การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

4.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

4.2 ศึกษาตัวอย่างข้อสอบ เพื่อใช้เป็นแนวทางการสร้างข้อสอบในการประเมินสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ จากเอกสารการรายงานผลการประเมินของโครงการ PISA 2015

4.3 ศึกษาหลักสูตร และรายละเอียดเนื้อหาจากหนังสือเรียน เอกสารเรียนรู้วิชาเคมีเพิ่มเติมของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่อง พอลิเมอร์ เพื่อรวบรวมเนื้อที่นักเรียนต้องศึกษา แล้วนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบและศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนการวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

4.4 สร้างแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีลักษณะตามแนวทางของ PISA 2015 จำนวน 10 ข้อ ซึ่งประกอบไปด้วย

4.4.1 การกำหนดตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของข้อสอบแต่ละข้อ ซึ่งประกอบด้วย 5 ตัวบ่งชี้ ได้แก่

ตัวบ่งชี้ 1 การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น

ตัวบ่งชี้ 2 การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป

ตัวบ่งชี้ 3 การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้ 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยาน และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น

ตัวบ่งชี้ 5 การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย

4.4.2 กำหนดเนื้อหาหรือเรื่องที่เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์ ได้แก่ เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ ผลิตภัณฑ์พลาสติก ผลิตภัณฑ์เส้นใย ผลิตภัณฑ์ยาง

4.4.3 กำหนดบริบทของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง พอลิเมอร์

4.4.4 กำหนดรูปแบบการตอบคำถามของข้อสอบ ซึ่งได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน และแบบเขียนตอบ

โดยรูปแบบการตอบคำถามในแบบทดสอบจะให้ความสำคัญกับรูปแบบการตอบแบบเขียนตอบ เพราะการเขียนตอบสามารถสะท้อนถึงตัวบ่งชี้ของสมรรถนะหรือทักษะทาง

วิทยาศาสตร์หลาย ๆ ด้าน เช่น กระบวนการคิดวิเคราะห์ การใช้เหตุผล และการประเมินแนวคิด เป็นต้น สามารถผสมผสานเนื้อหาจากองค์ความรู้ ประสบการณ์หรือทฤษฎี พร้อมยกตัวอย่างประกอบคำอภิปรายเพื่อครูผู้ตรวจสอบให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจนเป็นจริง ลงในกระดาษคำตอบ และการเขียนตอบยังให้อิสระกับนักเรียนเขียนคำตอบได้อย่างเสรีตามความรู้ ความคิดเห็นของนักเรียนแต่ละคน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 35-38) ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบทดสอบดังตาราง 12

**ตาราง 12** แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์

| เนื้อหา/เรื่อง | สถานการณ์ (บริบท) | ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ | จำนวนข้อสอบ / ลักษณะข้อสอบ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | เลือกตอบ 4 ตัวเลือก | เลือกตอบเชิงซ้อน | เขียนตอบ |
| โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | โครงสร้างและสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (บริบทระดับส่วนตัว) | - การระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ | - | - | 1 |
| | | - การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น | - | - | 1 |
| ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทพลาสติก | การทดสอบสมบัติทางกายภาพบางประการของผลิตภัณฑ์พลาสติก (บริบทระดับส่วนตัว) | - การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป | - | - | 1 |
| | | - การระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยานและเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ | - | - | 1 |
| | การจำแนกผลิตภัณฑ์พลาสติก (บริบทระดับท้องถิ่น) | - แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น | - | - | 1 |

ตาราง 12 (ต่อ)

| เนื้อหา/เรื่อง | สถานการณ์ (บริบท) | ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ | จำนวนข้อสอบ / ลักษณะข้อสอบ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | เลือกตอบ 4 ตัวเลือก | เลือกตอบเชิงซ้อน | เขียนตอบ |
| ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทเส้นใย | การทดสอบด้วยการเผ้าไหม้เพื่อจำแนกชนิดของผลิตภัณฑ์เส้นใย (บริบทระดับส่วนตัว) | - ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย | 1 | - | - |
| | สิ่งทอฉลาดเพื่อชีวิตคุณภาพ (บริบทระดับชาติ) | - แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น | - | 1 | - |
| ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทยาง | ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ (บริบทระดับท้องถิ่น) | - การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น | - | - | 1 |
| | กระบวนการวัลคาไนเซชัน (บริบทระดับชาติ) | - การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป | - | - | 1 |
| | ชนิดของยางและการใช้งาน (บริบทระดับส่วนตัว) | - ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย | - | - | 1 |
| **รวมทั้งหมด** | | | | 10 | |

4.5 กำหนดเกณฑ์สำหรับการให้คะแนนในการทำแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเกณฑ์แบบทดสอบวัดสมรรถนะได้กำหนดเกณฑ์ที่พิจารณาการให้คะแนนของข้อสอบ ดังนี้

ข้อสอบมีจำนวนทั้งหมด 10 ข้อ ซึ่งมีคะแนนเต็มทั้งหมด 20 คะแนน

1. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ถ้านักเรียนตอบถูกให้ 2 คะแนน ถ้านักเรียนตอบผิดหรือนักเรียนไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

2. ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน ถ้านักเรียนตอบคำถามถูกต้องครบถ้วนและถูกต้องทั้งหมด จึงให้ 2 คะแนน แต่ถ้านักเรียนตอบผิดหรือนักเรียนไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

3. ข้อสอบแบบเขียนตอบ ถ้าหากนักเรียนตอบถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ให้ 2 คะแนน ถ้าหากนักเรียนเขียนตอบถูกแต่ไม่ครบถ้วนให้ 1 คะแนน และถ้าหากนักเรียนตอบผิดหรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

4.6 นำแบบทดสอบและเกณฑ์ที่ได้สร้างขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาสาระและความเหมาะสมของการออกแบบแบบทดสอบแล้วดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

4.7 นำแบบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนนปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้น โดยผ่านกระบวนการ Peer Review ที่ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทั้งภายในและภายนอก ซึ่งมีจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

4.7.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เป็นอาจารย์จากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

4.7.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

4.7.3 ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูผู้สอนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ท่าน

เพื่อทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่ โดยนำไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาดังนี้

ถ้าแน่ใจว่าคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด มีคะแนนเท่ากับ +1
ถ้าไม่แน่ใจว่าคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด มีคะแนนเท่ากับ 0
ถ้าแน่ใจว่าคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด มีคะแนนเท่ากับ -1

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

โดย IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ถ้าแบบทดสอบข้อใดนั้น มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ผ่านการคำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าแบบทดสอบข้อดังกล่าวมีความสอดคล้องที่สามารถนำไปใช้วัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ (เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย, 2539, น. 181)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สำหรับแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยข้อสอบแต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งมีความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ โดยผลการประเมินแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ แสดงในภาคผนวก

4.8 นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีประเด็นการปรับแก้ดังต่อไปนี้

4.8.1 เพิ่มรายละเอียดของสถานการณ์ให้มีความชัดเจน และสอดคล้องกับเนื้อหาสาระในเรื่องที่สอน

4.8.2 ปรับข้อคำถามที่มีความกำกวมอย่างมาก

4.8.3 ควรระบุคำสั่งที่นักเรียนต้องทำการตอบคำถาม อย่างเช่น การเลือกตอบเชิงซ้อนต้องทำอย่างไร ต้องตอบกี่ข้อ จึงจะได้คะแนน

4.8.4 เลือกรูปภาพประกอบที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์

แล้วจากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับแก้จากนำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบ แก้ไขส่วนที่บกพร่องเพิ่มเติมให้มีความเรียบร้อย และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยเพื่อศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการเรียนรู้รายวิชาเคมีเรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดยรายละเอียดของการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์และข้อตกลงเบื้องต้นในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ในรายวิชาเคมี 4 (ว32224) ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ให้กลุ่มเป้าหมายได้เข้าใจ

2. การเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น สถานที่ เครื่องมือ สื่อการเรียนรู้ รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ สำหรับการเรียนรู้

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

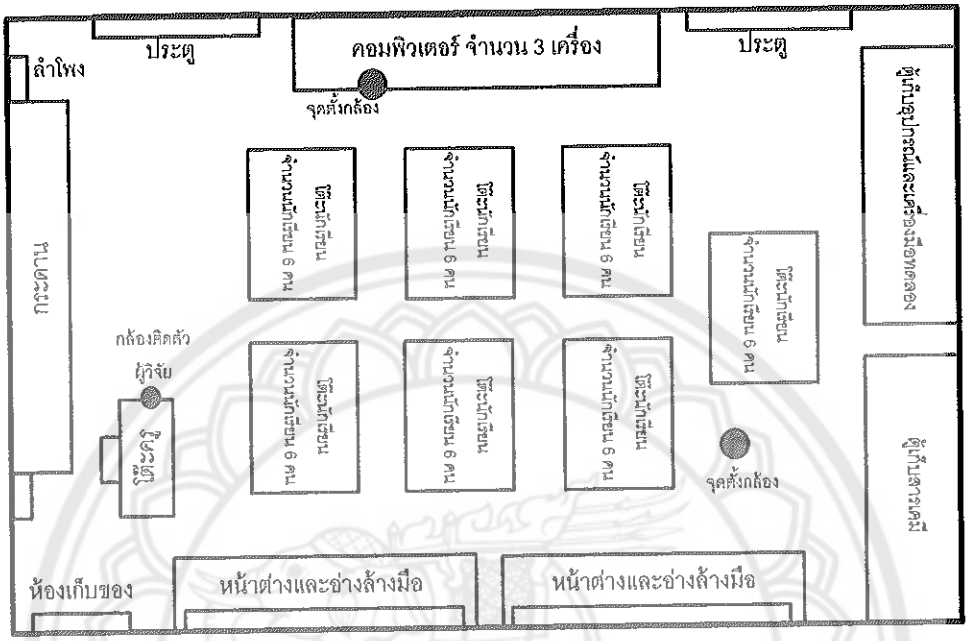
ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ในเรื่อง พอลิเมอร์ ที่ออกแบบไว้จำนวน 4 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง และได้ทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 7 กลุ่ม มีจำนวนนักเรียนกลุ่มละ 6 คน เพื่อทำกิจกรรมการทดลองและกิจกรรมอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยสรุปรายละเอียดแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

**ตอนที่** 1 ให้นักเรียนกำหนดคำถามและปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เพื่อเป็นแนวทางในการทำกิจกรรม แล้วให้นักเรียนออกแบบ วางแผนและทำการทดลอง ทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจากการสังเกต แล้วทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล แล้วลงข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองที่มีอยู่โดยทำการเขียนข้อมูลทั้งหมดลงในใบกิจกรรม

**ตอนที่** 2 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือโดยการสังเคราะห์ข้อมูลแล้วเรียบเรียงเป็นแนวคิดของตัวเอง แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลกับเพื่อนและทำการโต้แย้งในประเด็นที่ทำการศึกษา แล้วให้นักเรียนทำการประเมินแนวคิดของตนเองและเขียนอธิบายองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ลงในใบกิจกรรม

ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมผู้วิจัยได้ทำการสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในการเก็บข้อมูลเป็นรายกลุ่มของนักเรียน อีกทั้งใช้กล้องบันทึกภาพและเสียง จำนวน 3 เครื่อง เพื่อช่วยให้ผู้วิจัยสังเกตและบันทึกเหตุการณ์ในห้องเรียนได้ชัดเจนและเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน (กล้องบันทึกภาพ จำนวน 2 เครื่อง ติดตั้งประจำจุดที่กำหนด ส่วนอีก 1 เครื่อง ผู้วิจัยได้

ใช้สายคาดบ่าหรือไหล่ (Shoulder Mount) สำหรับใส่ กล้อง xiaomi 1 เครื่อง ติดตัวผู้วิจัยขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้) โดยเสนอแผนผังห้องเรียนที่ใช้ในการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย ดังภาพ 7




**ภาพ 7 แสดงแผนผังห้องเรียนที่ใช้ในการดำเนินการเก็บข้อมูลของการวิจัย**

4. หลังจากทำกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นครบทุกแผนแล้ว ผู้วิจัยจึงได้เริ่มทดสอบนักเรียนเพื่อประเมินผลการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ เวลา 40 นาที เก็บข้อมูลรายบุคคล

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ตอบคำถามการวิจัย ดังนี้

**ตาราง 13 แสดงคำถามวิจัย เครื่องมือ และเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล**

| คำถามการวิจัย | เครื่องมือ | ผู้ให้ข้อมูล | เวลาที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| 1. สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ เป็นอย่างไร หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ | - ใบกิจกรรม | นักเรียน | ในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 12 ชั่วโมง |
| | - แบบสังเกตสมรรถนะของนักเรียน | นักเรียน | |
| | - แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | นักเรียน | หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน เวลาที่ใช้ 40 นาที |

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ คำตอบจากใบกิจกรรมในแต่ละเรื่องของนักเรียนแต่ละคน และผลจากแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อตีความถึงพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึงสมรรถนะดังกล่าว เพื่อตอบคำถามและจุดประสงค์ของการวิจัย โดยมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่เป็นคำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 177-180) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1.1 การจัดระเบียบข้อมูล ผู้วิจัยทำการตรวจสอบคำตอบของนักเรียนแต่ละคน ทุกใบกิจกรรมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเรียบเรียงประเด็นสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลเชิงคุณภาพ

1.2 การให้รหัสข้อมูล (Coding) ผู้วิจัยอ่านและตีความจากประเด็นสำคัญที่ได้จากการตอบคำถามของนักเรียน โดยแตกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย ๆ ที่มีการแสดงออกตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะเดียวกันใช้ตัวอักษรในการให้รหัสข้อมูล 5 ตัวบ่งชี้ ที่อ้างอิงจาก OECD, (2017, p. 286) แสดงดังตาราง 14

**ตาราง 14** แสดงรหัสข้อมูล (Coding) ตามกลุ่มตัวบ่งชี้

| กลุ่มตัวบ่งชี้ที่ | ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | รหัสข้อมูล (Coding) |
|---|---|---|
| 1 | การแปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น | ตัวอักษร คือ T (Transform data from one representation to another) |
| 2 | วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป | ตัวอักษร คือ A (Analyze and interpret data and draw appropriate conclusions) |

ตาราง 14 (ต่อ)

| กลุ่มตัวบ่งชี้ที่ | ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | รหัสข้อมูล (Coding) |
|---|---|---|
| 3 | ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ | ตัวอักษร คือ I (Identify the assumptions, evidence and reasoning in science-related texts) |
| 4 | แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น | ตัวอักษร คือ D (Distinguish between arguments which are based on scientific evidence and theory and those based on other considerations) |
| 5 | การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย | ตัวอักษร คือ E (Evaluate scientific arguments and evidence from different sources) |

1.3 จัดกลุ่ม (Categorization) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยการจัดกลุ่มที่ใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบรูบริค 3 ระดับ โดยอ้างอิงจากการจำแนกตามความสามารถในการแสดงประจักษ์พยาน (Evidentiary Competency) ตามแนวทางของ Jeong H., et al., (2007, pp. 81-89) ได้แก่ ดี (Good) ผ่าน (Progressing) และไม่ผ่าน (Unsatisfactory) โดยเกณฑ์ในแต่ละกลุ่มของระดับความสามารถของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์แสดงดังตาราง 15 และเกณฑ์ในแต่ละกลุ่มของระดับความสามารถตามตัวบ่งชี้สมรรถนะดังตาราง 16

**ตาราง 15 แสดงเกณฑ์ในแต่ละกลุ่มของระดับความสามารถของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

| ระดับความสามารถของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | | |
|---|---|---|
| ดี (Good) | ผ่าน (Progressing) | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) |
| นักเรียนแสดงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีสอดคล้องกับกิจกรรมหรือข้อคำถาม ได้ครบถ้วนตามพฤติกรรมในแต่ละกลุ่มตัวบ่งชี้ และมีความเหมาะสมต่อสถานการณ์ที่กำหนดให้ | นักเรียนแสดงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับกิจกรรมหรือข้อคำถาม แต่ไม่ครบถ้วนตามพฤติกรรมในแต่ละกลุ่มตัวบ่งชี้ หรือไม่มีความเหมาะสมต่อสถานการณ์ที่กำหนดให้ | นักเรียนแสดงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับกิจกรรมหรือข้อคำถาม และไม่ครบถ้วนตามพฤติกรรมในแต่ละกลุ่มตัวบ่งชี้ และไม่มีความเหมาะสมต่อสถานการณ์ที่กำหนดให้ |

**ตาราง 16 แสดงรายละเอียดในแต่กลุ่มของระดับความสามารถตามตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

| กลุ่มตัวบ่งชี้ที่ | ระดับความสามารถของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละตัวบ่งชี้ | | |
|---|---|---|---|
| | ดี (Good) | ผ่าน (Progressing) | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) |
| 1 | นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบการเขียนได้ถูกต้อง และสามารถแปลงข้อมูลได้ครบถ้วนตามที่กำหนด | นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบการเขียนได้ถูกต้อง แต่มีการแปลงข้อมูลบางอย่างไม่ครบถ้วนตามที่กำหนด | นักเรียนไม่สามารถแปลงข้อมูลที่จะนำเสนอออกมาในรูปแบบการเขียนได้ และไม่มีรายละเอียดที่ถูกต้อง |
| 2 | นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ แล้วลงข้อสรุปได้ถูกต้อง และครบถ้วนตามข้อมูลที่กำหนด | นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ แล้วลงข้อสรุปได้ถูกต้อง แต่อาจไม่การเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ข้อสรุปบางประเด็น หรือมีการลงข้อสรุปข้อมูลไม่ครบถ้วนตามข้อมูลที่กำหนด | นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ แล้วลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง และไม่ครบถ้วนตามข้อมูลที่กำหนด |

ตาราง 16 (ต่อ)

| กลุ่มตัวบ่งชี้ที่ | ระดับความสามารถของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละตัวบ่งชี้ | | |
|---|---|---|---|
| | ดี (Good) | ผ่าน (Progressing) | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) |
| 3 | นักเรียนสามารถระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง | นักเรียนสามารถระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน | นักเรียนไม่สามารถระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ |
| 4 | นักเรียนสามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ถูกต้อง | นักเรียนสามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ถูกต้องบางส่วน | นักเรียนไม่สามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ |
| 5 | นักเรียนสามารถประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย ได้ถูกต้องและระบุแหล่งที่มาของประจักษ์พยานที่น่าเชื่อถือได้ พร้อมระบุเหตุผลในการยอมรับหรือคัดค้านในข้อมูลที่น่าเชื่อถือนั้น | นักเรียนสามารถประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย ได้ถูกต้องและระบุแหล่งที่มาของประจักษ์พยานที่น่าเชื่อถือได้ แต่ไม่ระบุเหตุผลในการยอมรับหรือคัดค้านในข้อมูลที่น่าเชื่อถือนั้น | นักเรียนไม่สามารถประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายได้ และไม่ระบุแหล่งที่มาของประจักษ์พยาน และไม่แสดงเหตุผลในการตัดสินใจ |

1.4 การหาข้อสรุป ผู้วิจัยรายงานผลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละจากคำตอบในใบกิจกรรมทั้งหมดเพื่ออธิบายถึงการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละตัวบ่งชี้ ซึ่งผู้วิจัยอ้างถึงนักเรียนแต่ละคนโดยใช้ตัวอักษร S แล้วตามด้วยหมายเลข 1-42 (เช่น S1-S42) ทั้งนี้เพื่อรักษาจริยธรรมในการวิจัยโดยป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากับนักเรียนในภายหลัง

**2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์และการถอดเทปบันทึกภาพ โดยผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 177-180) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 การจัดระเบียบข้อมูล ผู้วิจัยทำการจัดระเบียบข้อความที่ได้จากการจดบันทึกการแสดงออกถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ตามรายการที่ได้ออกแบบไว้ และถอดรายละเอียดพฤติกรรมที่แสดงออกจากเทปบันทึกภาพ เพื่อเรียบเรียงประเด็นสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.2 การให้รหัสข้อมูล (Coding) ผู้วิจัยอ่านและตีความจากประเด็นสำคัญที่ได้จากการแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยแตกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย ๆ ที่มีการแสดงออกตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะเดียวกันใช้ตัวอักษรในการให้รหัสข้อมูล 5 ตัวบ่งชี้ ที่อ้างอิงจาก OECD, (2017, p. 286) ดังที่นำเสนอรายละเอียดของการใช้ตัวอักษรในการให้รหัสข้อมูลเช่นเดียวกับใบกิจกรรมการเรียนรู้ (ตาราง 14)

2.3 การจัดกลุ่ม (Categorization) โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยการจัดกลุ่มที่ใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบรูบริค 3 ระดับ โดยอ้างอิงจากการจำแนกตามความสามารถในการแสดงประจักษ์พยาน (Evidentiary Competency) ตามแนวทางของ Jeong H., et al., (2007, pp. 81-89) ได้แก่ ดี (Good) ผ่าน (Progressing) และไม่ผ่าน (Unsatisfactory) โดยเกณฑ์ในแต่ละกลุ่มของระดับความสามารถแสดงดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงรายละเอียดในแต่กลุ่มของระดับความสามารถที่แสดงถึงพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

| กลุ่มตัวบ่งชี้ที่ | ระดับความสามารถที่แสดงถึงพฤติกรรมของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละตัวบ่งชี้ | | |
|---|---|---|---|
| | ดี (Good) | ผ่าน (Progressing) | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) |
| 1 | นักเรียนแสดงข้อมูลทั้ง 2 ชุดข้อมูล ที่ได้จากการสังเกตการทดลอง และข้อมูลการสังเคราะห์จากการสืบค้นจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ด้วยรูปแบบการเขียน เช่น การเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ ประกอบด้วยประโยค 3-6 ประโยค หรือตารางบันทึกผลการทดลอง วาดภาพ หรือแสดงผังความคิด อย่างน้อย 3 รูปแบบ | นักเรียนแสดงข้อมูลทั้ง 2 ชุดข้อมูล ที่ได้จากการสังเกตการทดลอง และข้อมูลการสังเคราะห์จากการสืบค้นจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ด้วยรูปแบบการเขียน เช่น การเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ ประกอบด้วยประโยค 3-6 ประโยค หรือตารางบันทึกผลการทดลอง วาดภาพ หรือแสดงผังความคิด อย่างน้อย 2 รูปแบบ | นักเรียนแสดงข้อมูลเพียง 1 ชุดข้อมูล ที่ได้จากการสังเกตการทดลอง หรือข้อมูลการสังเคราะห์จากการสืบค้นจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ด้วยรูปแบบการเขียนอื่น ๆ ได้เพียง 1 รูปแบบ |
| 2 | นักเรียนทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 2-3 ครั้ง แล้วแสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่ใกล้เคียงกันทุกครั้ง และเก็บข้อมูลจากการสังเกตได้อย่างครบถ้วน เพื่อนำไปใช้ในการสร้างข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง | นักเรียนทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 2-3 ครั้ง แล้วแสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล แต่มีผลที่แตกต่างกันอย่างน้อย 1 ครั้ง และเก็บข้อมูลจากการสังเกตไม่ครบถ้วน จึงทำให้ข้อสรุปบางประเด็นไม่ชัดเจน | นักเรียนไม่มีการทดลองซ้ำและแสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลแล้วเขียนข้อสรุปที่ผิดพลาด และเก็บข้อมูลจากการสังเกตไม่ครบถ้วน จึงทำให้ข้อสรุปไม่ถูกต้อง |

ตาราง 17 (ต่อ)

| กลุ่มตัวบ่งชี้ที่ | ระดับความสามารถที่แสดงถึงพฤติกรรมของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละตัวบ่งชี้ | | |
|---|---|---|---|
| | ดี (Good) | ผ่าน (Progressing) | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) |
| 3 | นักเรียนสามารถระบุและใช้ประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ในการลงข้อสรุป และสร้างข้อโต้แย้งในชั้นเรียนได้ อีกทั้งสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนข้อสรุปและข้อโต้แย้ง | นักเรียนสามารถระบุและใช้ประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ในการลงข้อสรุป และสร้างข้อโต้แย้งในชั้นเรียนได้ แต่มีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐาน ข้อสรุปและข้อโต้แย้ง | นักเรียนสามารถระบุและใช้ประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองเพียงเดียว ในการลงข้อสรุป และสร้างข้อโต้แย้งในชั้นเรียน โดยไม่มีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ |
| 4 | นักเรียนแสดงการโต้แย้งและการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น เช่น ความคิดเห็นส่วนตัว ประสบการณ์หรือประเด็นทางสังคมที่ขาดประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้ | นักเรียนแสดงการโต้แย้งและการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น เช่น ความคิดเห็นส่วนตัว ประสบการณ์หรือประเด็นทางสังคมที่ขาดประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้บางส่วน | นักเรียนไม่แสดงโต้แย้งและการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น |
| 5 | นักเรียนแสดงการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือและเอกสารประกอบการเรียนรู้ วารสาร หรืออินเทอร์เน็ตว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ โดยพิจารณาและระบุการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ | นักเรียนแสดงการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือและเอกสารประกอบการเรียนรู้ วารสาร หรืออินเทอร์เน็ตว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ แต่ไม่ระบุการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ | นักเรียนไม่สามารถประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย รวมทั้งไม่ระบุการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ |

2.4 การหาข้อสรุป ผู้วิจัยรายงานผลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากแบบสังเกตสมรรถนะและการถอดเทปบันทึกภาพ เพื่ออธิบายถึงการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละตัวบ่งชี้ ซึ่งผู้วิจัยอ้างถึงกลุ่มของนักเรียน โดยใช้ตัวอักษร G ตามด้วยหมายเลข 1-7 (อย่างเช่น G1-G7) ทั้งนี้เพื่อรักษาจริยธรรมในการวิจัยโดยป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากับนักเรียนในภายหลัง

**3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน**

3.1 ทำการตรวจสอบคำตอบและให้คะแนนนักเรียนแต่ละคน จากเกณฑ์การพิจารณาการให้คะแนนที่ได้กำหนดไว้โดยแบบทดสอบสมรรถนะมีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ รวมคะแนนทั้งหมด 20 คะแนน (ข้อละ 2 คะแนน)

ข้อสอบแบบเลือกตอบ ถ้านักเรียนตอบถูกให้ 2 คะแนน ถ้านักเรียนตอบผิดหรือนักเรียนไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน ถ้าหากนักเรียนตอบคำถามถูกต้องครบถ้วนและถูกต้องทั้งหมด จึงให้ 2 คะแนน แต่ถ้านักเรียนตอบผิดหรือนักเรียนไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

ข้อสอบแบบเขียนตอบ ถ้าหากนักเรียนสามารถตอบได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ให้ 2 คะแนน ถ้าหากนักเรียนเขียนตอบถูกแต่ไม่ครบถ้วนให้ 1 คะแนน และถ้าหากนักเรียนตอบผิดหรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

3.2 นำคะแนนที่ได้จากการตรวจสอบ มาจัดกลุ่มในระดับความสามารถของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบรูบริค 3 ระดับ โดยอ้างอิงจากการจำแนกตามความสามารถในการแสดงประจักษ์พยาน (Evidentiary Competency) ของ Jeong H., et al., (2007, pp. 81-89) ได้แก่ ดี (Good) ผ่าน (Progressing) และไม่ผ่าน (Unsatisfactory) โดยเกณฑ์ในแต่ละกลุ่มระดับความสามารถของการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ (ตาราง 15 และตาราง 16 แยกตามตัวบ่งชี้)

3.3 การหาข้อสรุป ผู้วิจัยได้แบ่งการหาข้อสรุปออกเป็น 2 ตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**ตอนที่ 1** การหาข้อสรุปของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบของนักเรียนแต่ละคนมาจัดข้อมูลเป็นความถี่และคำนวณเป็นร้อยละ ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วจัดกลุ่มในระดับความสามารถ 3 ระดับ ประกอบไปด้วย ระดับดี (Good)

ผ่าน (Progressing) ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) เพื่อวิเคราะห์และตีความว่านักเรียนแสดงพฤติกรรมของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไรหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

**ตอนที่ 2** หาข้อสรุปในรายกลุ่มของตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบในแต่ละข้อของนักเรียนแต่ละคน โดยที่ทำการวิเคราะห์แบบทดสอบเป็นรายข้อ มาจัดข้อมูลเป็นความถี่และคำนวณเป็นร้อยละ ในกลุ่มตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วจัดกลุ่มในระดับความสามารถ 3 ระดับ ประกอบไปด้วย ระดับดี (Good) ผ่าน (Progressing) และไม่ผ่าน (Unsatisfactory) เพื่อวิเคราะห์และตีความเพื่อให้ทราบว่านักเรียนแสดงพฤติกรรมในกลุ่มตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไรหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

**ความน่าเชื่อถือของข้อมูล**

ผู้วิจัยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้รับด้วยวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) โดยการใช้เครื่องมือวิจัย ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ใบกิจกรรม แบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ เก็บข้อมูลชนิดเดียวกันเพื่อหาผลสรุปจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เป็นวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Method triangulation)

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

การวิจัยในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 42 คน ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง พอลิเมอร์ โดยใช้ใบกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 ชุด ซึ่งเก็บข้อมูลนักเรียนในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ หลังการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ที่ตีความและอธิบายถึงการแสดงออกของตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงรายงานผลการวิจัยที่มีรายละเอียดดังนี้

**การรายงานผลการวิจัย**

การวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

ในการนำเสนอผลการวิจัย ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ผลการพัฒนาในตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

2. ผลโดยรวมของการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

**ผลการพัฒนาในตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตีความข้อมูลจากผลการประเมินของเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยมีการใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละ ในการอธิบายผลเพื่อประกอบข้อมูลเชิงคุณภาพที่อธิบายถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละตัวบ่งชี้

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตอบคำถามการวิจัยที่เสนอว่าสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ เป็นอย่างไร หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีและแสดงออกถึงความสามารถในแต่ละตัวบ่งชี้ที่ดีขึ้น โดยนักเรียนมีการแสดงออกของตัวบ่งชี้ที่ 2 และ 3 สูงสุดในระดับดี ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือทั้ง 3 ชนิด มีความสอดคล้องกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ผู้วิจัยจึงนำเสนอรายละเอียดการแสดงออกของสมรรถนะดังกล่าวในแต่ละตัวบ่งชี้ดังนี้

**ตัวบ่งชี้ที่ 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น**

**ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม**

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่นได้ ซึ่งเป็นการเขียนเพื่ออธิบายข้อความสั้น ๆ ที่ประกอบด้วย 3-6 ประโยค จากชุดข้อมูลที่เป็นกราฟ ตาราง หรือการแปลงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลองได้ แต่นักเรียนบางกลุ่มมีการแปลงข้อมูลบางอย่างไม่ครบถ้วน จึงส่งผลให้มีข้อสรุปที่ผิดพลาดบางส่วน หรือขาดข้อมูลบางประเด็นในข้อสรุปนั้น ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของคำตอบนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น ดังตาราง 18 (กำหนดให้ T เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 1)

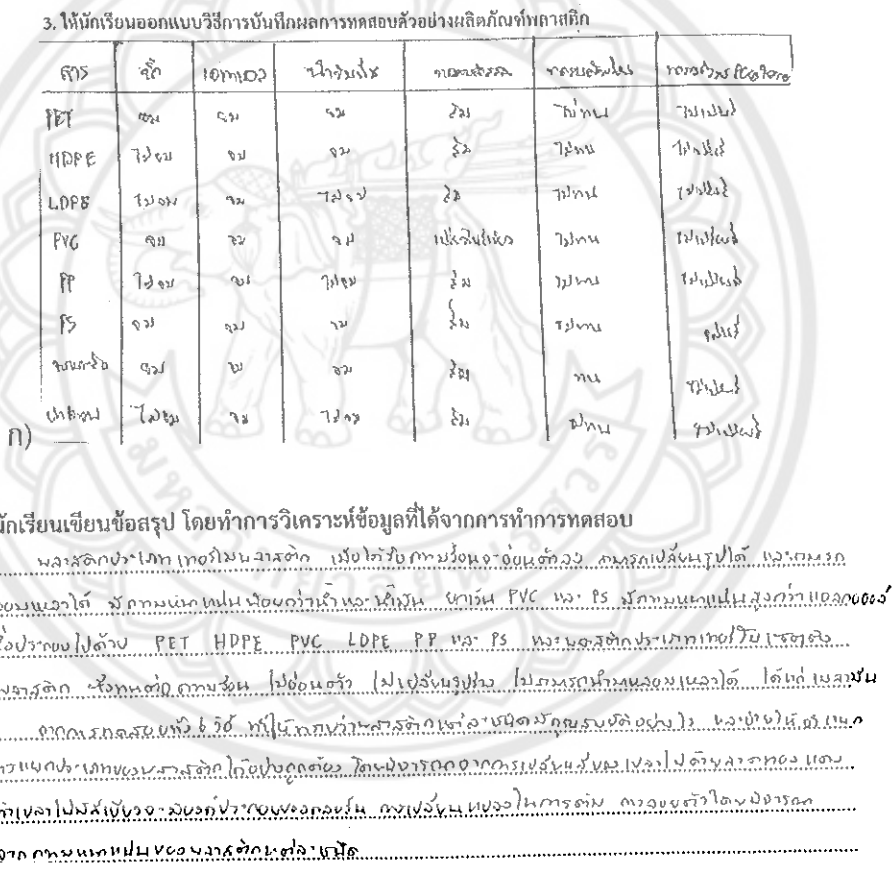
**ตาราง 18 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) 20 (11.91) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 2 เรื่อง ผลิตภัณฑ์พลาสติก 18 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบสมบัติของตัวอย่างพลาสติก (การทดลอง) | S31 | T: ทดสอบตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลง T: เปลวไฟมีสี |
| ผ่าน (Progressing) 90 (53.57) | | S24 | T: เมื่อทดสอบตัวอย่างพลาสติกชนิด A ด้วยความร้อน เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น อ่อนตัวลง เปลี่ยนรูปร่างได้ T: เมื่อทดสอบพลาสติกชนิด C มาทดสอบกับลวดทองแดงที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วนำไปสัมผัสกับผิวของพลาสติก พบว่า มีเปลวไฟสีเขียว |
| ดี (Good) 58 (34.52) | | S18 | T: เมื่อทดสอบพลาสติกชนิด A ที่มีความแข็งมากด้วยร้อนพลาสติกมีลักษณะที่เปลี่ยนไปคือมีการอ่อนตัว สามารถพับหรือบิดได้ง่ายขึ้นแต่เมื่อปล่อยทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะกลับมาแข็งตัวอีกครั้ง T: เมื่อทดสอบพลาสติกชนิด C ด้วยลวดทองแดงที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วนำไปสัมผัสกับผิวของพลาสติก พบว่า มีเปลวไฟสีเขียว เกิดขึ้น มีกลิ่นเหม็น |

จากตาราง 18 ผลการตรวจคำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 53.57 อยู่ในระดับผ่านมากที่สุด สามารถแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่นได้ ซึ่งเป็นการเขียนเพื่ออธิบายข้อความสั้น ๆ ที่ประกอบด้วย 3-6 ประโยค จากชุดข้อมูลที่เป็น

กราฟ ตาราง หรือการแปลงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลองได้ แต่มีการแปลงข้อมูลบางอย่างไม่ครบถ้วน ส่วนนักเรียนร้อยละ 34.52 (อยู่ในระดับดี) นักเรียนกลุ่มนี้แสดงการแปลงข้อมูลออกมาเป็นตารางบันทึกผลและเขียนคำอธิบายได้ถูกต้องและครบถ้วน แต่สำหรับนักเรียนร้อยละ 11.91 (อยู่ในระดับไม่ผ่าน) มีข้อมูลไม่ครบถ้วนและอาจไม่มีความถูกต้องในข้อมูลบางส่วน จึงส่งผลให้มีการเขียนข้อสรุปที่ผิดพลาดและขาดข้อมูลบางประเด็นในข้อสรุปนั้น

ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจาก 1 กิจกรรม เพื่อแสดงแทนคำตอบของนักเรียนในกลุ่มความสามารถอยู่ในระดับ ผ่าน ได้ชัดเจนและสอดคล้องกับตัวบ่งชี้มากที่สุด เพราะนักเรียนส่วนใหญ่มีลักษณะของคำตอบที่มีความคล้ายกัน ดังภาพ 8



3. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการบันทึกผลการทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติก

| ชนิด | สี | ความใส | น้ำจมน้ำ | ทดสอบความแข็ง | ทดสอบไฟไหม้ | ทดสอบการละลาย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PET | ขาว | ขุ่น | จม | ไม่แข็ง | ไม่ไหม้ | ไม่ละลาย |
| HDPE | ไม่มีสี | ขุ่น | จม | แข็ง | ไม่ไหม้ | ไม่ละลาย |
| LDPE | ไม่มีสี | ขุ่น | ไม่จม | แข็ง | ไม่ไหม้ | ไม่ละลาย |
| PVC | ขาว | ขุ่น | จม | แข็งเล็กน้อย | ไม่ไหม้ | ไม่ละลาย |
| PP | ไม่มีสี | ขุ่น | ไม่จม | แข็ง | ไม่ไหม้ | ไม่ละลาย |
| PS | ขาว | ขุ่น | จม | แข็ง | ไม่ไหม้ | ละลาย |
| พลาสติกใส | ไม่มีสี | ใส | จม | แข็ง | ไหม้ | ละลาย |
| ปากกาเคมี | ไม่มีสี | ขุ่น | ไม่จม | แข็ง | ไหม้ | ไม่ละลาย |

ก)

4. ให้นักเรียนเขียนข้อสรุป โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทำการทดสอบ

พลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวลง สามารถเปลี่ยนรูปได้ และสามารถขึ้นรูปได้ ขึ้นกับพลาสติกแต่ละชนิดว่าจะมีสมบัติอย่างไร เช่น PVC และ PS มีความแข็งแรงมากกว่าพลาสติกชนิดอื่น ซึ่งประกอบไปด้วย PET HDPE PVC LDPE PP และ PS ส่วนพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง พลาสติก เมื่อทดสอบความร้อน ไม่อ่อนตัว ไม่เปลี่ยนรูปร่าง ไม่สามารถนำมาหลอมเหลวได้ ได้แก่ เมลามีน ยางสังเคราะห์ ยางวัลคาไนซ์ พบว่าพลาสติกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติต่างกัน และนำไปใช้งานที่แตกต่างกันตามประเภทของพลาสติก ใครนำไปใช้งานอย่างถูกต้อง ใครนำไปใช้งานอย่างผิดประเภท เมื่อนำไปสัมผัสความร้อน ก็จะเปลี่ยนแปลงไปต่างกัน ตามประเภทของพลาสติก

ข) จากการทดสอบของพลาสติกแต่ละชนิด

**ภาพ 8 แสดงคำตอบการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น (S24, ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทพลาสติก, 18 กุมภาพันธ์ 2562)**
**ก) การแปลงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลอง**
**ข) การแปลงข้อมูลจากตารางบันทึกผลโดยการเขียนอธิบายเป็นข้อความ**

**ผลการวิเคราะห์จากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมในการแปลงข้อมูลที่ได้จากการที่ได้จากการสังเกตการทดลอง หรือข้อมูลการสังเคราะห์จากการสืบค้นจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ในรูปแบบการเขียน เช่น การเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ ที่ประกอบด้วยประโยค 3-6 ประโยค หรือตารางบันทึกผลการทดลอง วาดภาพ หรือแสดงผังความคิด เป็นต้น ซึ่งผลจากการสังเกตโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะและการถอดเทปบันทึกภาพ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น รายงานดังตาราง 19 (กำหนดให้ T เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 1)

**ตาราง 19 แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่านไม่ (Unsatisfactory) 34 (12.14) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิดและสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G2 | T : บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบขึ้นจากคู่มือการทดลอง เพียงอย่างเดียว |
| | | G7 | T : บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบขึ้นจากคู่มือการทดลอง เพียงอย่างเดียว |

ตาราง 19 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่าน (Progressing) 140 (50.00) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G3 | T : บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบขึ้นจากคู่มือการทดลอง<br>T : สรุปแนวความคิดหลังจากทำกิจกรรมเป็นข้อความสั้น ๆ |
| | | G4 | T : บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบขึ้นจากคู่มือการทดลอง<br>T : สรุปแนวความคิดหลังจากทำกิจกรรมเป็นข้อความสั้น ๆ |
| | | G6 | T : บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบขึ้นจากคู่มือการทดลอง<br>T : สรุปแนวความคิดหลังจากทำกิจกรรมเป็นข้อความสั้น ๆ |
| ดี (Good) 106 (37.86) | | G1 | T : บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบขึ้นจากคู่มือการทดลอง<br>T : สังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ตและหนังสือในรูปแบบการเขียนสรุปแนวความคิดเป็นข้อความสั้นๆ<br>T : สรุปแนวความคิดหลังจากทำกิจกรรมเป็นผังความคิด |
| | | G5 | T : บันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลที่สร้างจากการอ่านในคู่มือการทดลอง<br>T : เขียนแนวคิดที่ได้สังเคราะห์ข้อมูลจากการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ตเป็นผังความคิด<br>T : สรุปแนวความคิดหลังจากทำกิจกรรมเป็นข้อความสั้น ๆ |

จากตาราง 19 พบว่า จากการสังเกตนักเรียนมีพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้ที่ 1 อยู่ในระดับผ่าน (Progressing) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้แสดงข้อมูลทั้ง 2 ชุดข้อมูล ที่ได้จากการสังเกตการทดลอง และข้อมูลการสังเคราะห์จากการสืบค้นจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ด้วยรูปแบบการเขียน อย่างน้อย 2 รูปแบบ และจากการตรวจสอบใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนมีการเขียนแบบตารางบันทึกผลการทดลองได้ และการเขียนอธิบายเป็นข้อความสั้น ๆ ได้มากที่สุด

**ผลการวิเคราะห์จากแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

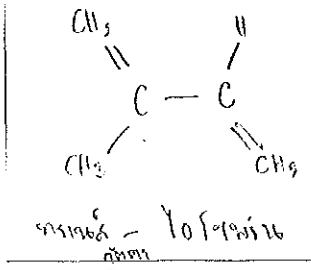
ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคำตอบในแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามได้ ดังตาราง 20

**ตาราง 20 แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 1**

| ตัวบ่งชี้ | ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 1 | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) | ผ่าน (Progressing) | ดี (Good) |
| 1) แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น | 3 (7.14) | 36 (85.72) | 3 (7.14) |

จากตาราง 20 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่นอยู่ในระดับ ผ่าน (Progressing) คิดเป็นร้อยละ 85.72 ซึ่งเป็นการเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ ประกอบด้วยประโยค 3-6 ประโยค หรือการวาดภาพโครงสร้างของสารพอลิเมอร์ได้อย่างถูกต้อง แต่อาจมีคำตอบบางส่วนที่ไม่ครบถ้วน (ดังภาพ 9) ส่วนนักเรียนที่อยู่ในระดับ ดี (Good) คิดเป็นร้อยละ 7.14 สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนทั้งหมด สำหรับนักเรียนที่อยู่กลุ่มระดับไม่ผ่าน (Unsatisfactory) นักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่นได้ถูกต้อง

**คำถามที่ 8 : จากโครงสร้างของยางพาราและยางกัตตา จงเขียนมอนอเมอร์ของโครงสร้างยางที่กำหนดให้ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร**



**ภาพ** 9 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการแปลงข้อมูลที่**นำเสนอ**ในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น (ในระดับผ่าน)

**ตัวบ่งชี้ที่ 2 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป**

**ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม**

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์แล้วลงข้อสรุปได้ดีมากขึ้น ซึ่งมีการเขียนเพื่ออธิบายจากการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากชุดข้อมูลที่เป็นการบันทึกผลการทดลองหรือชุดข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น เพื่อลงข้อสรุปที่มีการเชื่อมโยงถึงหลักฐานหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วน ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของคำตอบนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป ดังตาราง 21 (กำหนดให้ A เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 2)

**ตาราง 21 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 2 การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป**

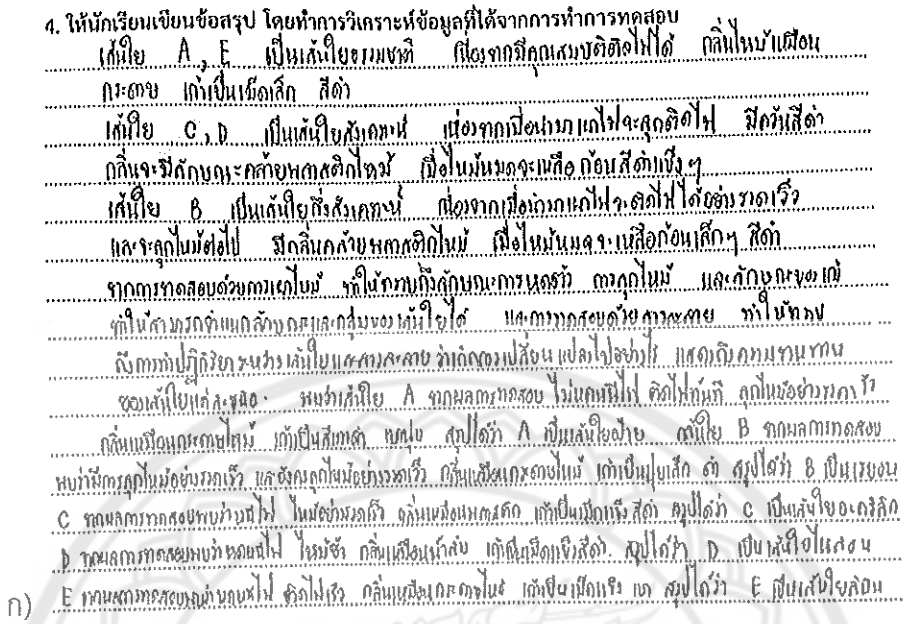
| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| **ไม่ผ่าน** (Unsatisfactory) 25 (14.88) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) | S22 | A: เมื่อทดสอบเส้นใย A ด้วยการเผาไหม้ พบว่า เส้นใยชนิดนี้เกิดการลุกไหม้เหมือนกระดาษ จึงสรุปว่า เส้นใยชนิดนี้ เป็นเส้นใยธรรมชาติ<br>A: เมื่อทดสอบเส้นใย C ด้วยการเผาไหม้ พบว่า เส้นใยชนิดนี้ลุกติดไฟ มีกลิ่นเหม็นมาก จึงสรุปว่า เส้นใยนี้คือเส้นใยสังเคราะห์ |
| ผ่าน (Progressing) 61 (36.31) | ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 3 เรื่อง ผลิตภัณฑ์เส้นใย 25 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เส้นใย (การทดลอง) | S11 | A: เส้นใยชนิด A พบว่าติดไฟได้ง่ายมีกลิ่นไหม้เหมือนกระดาษ มีขี้เถ้าเบา มีสีดำ จึงสรุปได้ว่าเส้นใยชนิดนี้คือเส้นใยธรรมชาติ เพราะเมื่อถูกไฟเผาจึงมีกลิ่นเหมือนกระดาษไหม้<br>A: เส้นใยชนิด C พบว่ามีการลุกติดไฟอย่างรวดเร็ว มีกลิ่นเหม็น มีขี้เถ้าแข็งสีดำ เส้นใยนี้ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมี เพราะมีขี้เถ้าที่ไม่สามารถสลายเองได้และหลงเหลืออยู่ ดังนั้นเส้นใยนี้ คือ เส้นใยสังเคราะห์ |

ตาราง 21 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ดี (Good) 82 (48.81) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 3 เรื่อง ผลิตภัณฑ์เส้นใย 25 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เส้นใย (การทดลอง) | S18 | A: เส้นใยชนิด A พบว่าติดไฟได้ง่ายไม่หดหนีไฟ มีกลิ่นไหม้เหมือนกระดาษ มีขี้เถ้าเบา มีสีเทาดำ เส้นใยลักษณะนี้ถูกทำจากเส้นใยเซลลูโลส จึงสรุปว่าเส้นใยนี้ คือ เส้นใยธรรมชาติ เพราะมีการเผาไหม้ และกลิ่นที่เหมือนกับผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเส้นใยเซลลูโลสหรือกระดาษ<br>A: เส้นใยชนิด C พบว่ามีการลุกติดไฟอย่างรวดเร็ว มีกลิ่นเหม็นเหมือนกรดน้ำส้ม มีขี้เถ้าแข็งเป็นเม็ดสีดำ เส้นใยที่มีลักษณะแบบนี้ ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมี เพราะทำปฏิกิริยากับความร้อนได้เร็ว และมีขี้เถ้าเหลืออยู่ ดังนั้นเส้นใยนี้ คือ เส้นใยสังเคราะห์ |

จากตาราง 21 ผลการตรวจคำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 48.81 อยู่ในระดับดีมากที่สุด สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากชุดข้อมูลที่เป็นการบันทึกผลการทดลองหรือชุดข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น เพื่อลงข้อสรุปที่มีการเชื่อมโยงถึงหลักฐานหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้ถูกต้อง และครบถ้วน ส่วนนักเรียนร้อยละ 36.31 (อยู่ในระดับผ่าน) นักเรียนกลุ่มนี้แสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเพื่อนำมาลงข้อสรุปได้แต่อาจมีบางประเด็นที่ไม่ชัดเจนหรือถูกต้องบางส่วน แต่สำหรับนักเรียนร้อยละ 14.88 (อยู่ในระดับไม่ผ่าน) มีการลงข้อสรุปที่ไม่มีความชัดและอาจมีข้อมูลบางอย่างที่ผิดพลาด จากการสรุปของนักเรียนจึงบ่งบอกว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้

ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจาก 1 กิจกรรม เพื่อแสดงแทนคำตอบของนักเรียนในกลุ่มความสามารถอยู่ในระดับ ดีและผ่าน ที่มีความชัดเจนและสอดคล้องกับตัวบ่งชี้นี้มากที่สุด เพราะนักเรียนส่วนใหญ่มีลักษณะของคำตอบที่มีความคล้ายกัน ดังภาพ 10




**ภาพ** 10 แสดงคำตอบการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป (ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทเส้นใย, 25 กุมภาพันธ์ 2562) ก) S18, ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มระดับดี ข) S11, ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มระดับผ่าน

**ผลการวิเคราะห์จากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทำการทดลองซ้ำ

อย่างน้อย 2-3 ครั้งแล้วทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่ใกล้เคียงกัน และเก็บข้อมูลจากการสังเกตได้อย่างครบถ้วน เพื่อนำไปใช้ในการสร้างข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลจากการสังเกตโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะและการถอดเทปบันทึกภาพ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของพฤติกรรมนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป รายงานดังตาราง 22 (กำหนดให้ A เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 2)

**ตาราง 22 แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 2 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่านไม่ (Unsatisfactory) 40 (14.29) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G4 | A : ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองเพียง 1 ครั้ง A : สังเกตการณ์ทดลองในเวลาสั้น ๆ ทำให้เก็บข้อมูลเพื่อลงข้อสรุปไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง |
| | | G7 | A : ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองเพียง 1 ครั้ง A : สังเกตการณ์ทดลองในเวลาสั้น ๆ ทำให้เก็บข้อมูลเพื่อลงข้อสรุปไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง |

ตาราง 22 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่าน (Progressing) 87 (31.07) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) **โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์** การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G1 | A : ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำ 1 ครั้ง<br>A : ทบทวนการเก็บรวบรวมข้อมูลว่ามีข้อมูลที่ขาดหายหรือไม่<br>A : การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำที่มีข้อมูลบางส่วนผิดพลาด |
| | | G3 | A : ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำ 1 ครั้ง<br>A : ทบทวนการเก็บรวบรวมข้อมูลว่ามีข้อมูลที่ขาดหายหรือไม่ในข้มูลบางส่วน<br>A : การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำที่มีข้อมูลบางส่วนที่ผิดพลาด |
| ดี (Good) 153 (54.64) | | G2 และ G6 | A : ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง<br>A : ทบทวนการเก็บรวบรวมข้อมูลว่ามีข้อมูลที่ขาดหายหรือไม่<br>A : การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำ มีข้อมูลที่ใกล้เคียงกัน |
| | | G5 | A : ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง<br>A : ทบทวนการเก็บรวบรวมข้อมูลว่ามีข้อมูลที่ขาดหายหรือไม่<br>A : การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทำการทดลองซ้ำ มีข้อมูลที่ใกล้เคียงกัน |

จากตาราง 22 พบว่า จากการสังเกตนักเรียนมีพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้ที่ 2 อยู่ในระดับดี (Good) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.64 ซึ่งนักเรียนสามารถทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 2-3 ครั้ง แล้วแสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่ใกล้เคียงกันทุกครั้ง และเก็บข้อมูลจากการสังเกตได้อย่างครบถ้วน เพื่อนำไปใช้ในการสร้างข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง และจากการตรวจสอบใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนที่สามารถเก็บข้อมูลจากการสังเกตได้ครบถ้วน จะมีข้อสรุปที่ชัดเจนและมีหลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุปทุกประเด็นที่มีความถูกต้องมากขึ้น

**ผลการวิเคราะห์จากแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

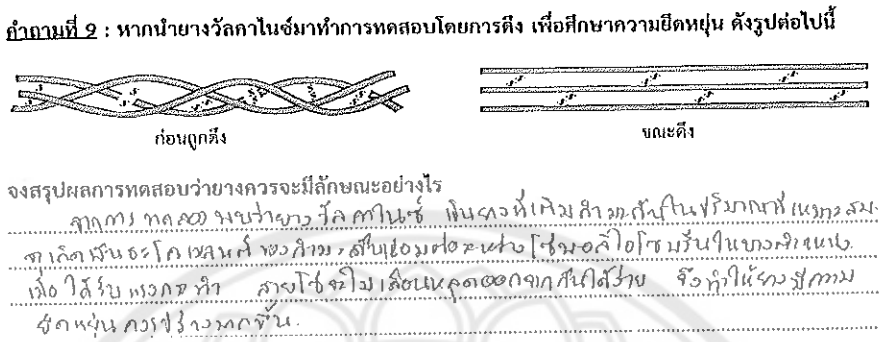
ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคำตอบในแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 2 การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามได้ ดังตาราง 23

**ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 2**

| ตัวบ่งชี้ | ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 2 | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) | ผ่าน (Progressing) | ดี (Good) |
| 2) วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป | 4 (9.52) | 15 (35.72) | 23 (54.76) |

จากตาราง 20 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามที่ใช้วัดความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป อยู่ในระดับ ดี (Good) คิดเป็นร้อยละ 54.76 ซึ่งจัดเป็นการเขียนอธิบายเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน (ดังภาพ 11) ส่วนนักเรียนที่อยู่ในระดับ ดี (Good) คิดเป็นร้อยละ 35.72 สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง แต่อาจมีข้อสรุปบางประเด็นที่ไม่ชัดเจน หรือมีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุปไม่ครบถ้วน สำหรับนักเรียนที่อยู่กลุ่มระดับไม่ผ่าน

(Unsatisfactory) คิดเป็นร้อยละ 9.52 นักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุปได้ถูกต้อง




**ภาพ** 11 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป

**ตัวบ่งชี้ที่ 3 การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์**

**ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม**

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ดีมากขึ้น ซึ่งมีการเขียนเพื่ออธิบายถึงการตั้งข้อสันนิษฐานและระบุหลักฐานที่ได้รับ อีกทั้งให้เหตุผลประกอบที่สอดคล้องกับข้อสรุปที่มีความถูกต้อง และครบถ้วนเป็นอย่างดี แต่นักเรียนเหล่านี้มีรายระเอียดของคำตอบแตกต่างกันเล็กน้อย ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของคำตอบนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 24 (กำหนดให้ I เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 3)

**ตาราง 24 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 3 การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่านไม่ (Unsatisfactory) 22 (13.09) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 12 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (การทดลอง) | S1 | I: ไม่ระบุข้อสันนิษฐาน<br>I: จากการทดลอง พบว่า พอลิเมอร์ชนิด PP มีลักษณะขุ่น มีความเหนียวมาก จึงเหมาะสมในการนำมาใช้งานได้ดีกว่า<br>I: เพราะพอลิเมอร์ชนิด PP มีโครงสร้างแบบเส้นตรง จึงมีความแข็งมากกว่า |
| ผ่าน (Progressing) 55 (32.74) | | S21 | I: หลักฐานจากการทดสอบผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์จะสามารถทำให้ทราบว่าโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์นั้นมีความสัมพันธ์กันได้<br>I: หลักฐานที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นทำให้ทราบว่า พอลิเมอร์ชนิด PP สามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม<br>I: เพราะ มีลักษณะขุ่น มีความเหนียวและความแข็งสูง ทนต่อแรงขีดข่วนได้ดี ทั้งนี้พอลิเมอร์ที่นำมาใช้งานมีโครงสร้างแบบเส้นตรง |

ตาราง 24 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ดี (Good) 91 (54.17) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 12 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (การทดลอง) | S39 | I: การทดสอบสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ตัวอย่างแต่ละชนิด ทำให้ทราบว่าโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์แต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กัน<br>I: ผลการทดลองทำให้ทราบว่าพอลิเมอร์ชนิด PET มีความแข็ง ความทน ไม่แตกหักง่าย สังเกตได้จากการนำตะปูมาขีดลงผิวของพอลิเมอร์ชนิดนี้ และจากการสืบค้นยังสนับสนุนว่า ขวดพลาสติกชนิด PET เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทนต่อสารเคมีบางชนิดได้ดีกว่า<br>I: เพราะมีโครงสร้างแบบเส้นตรง ที่มีความแข็ง และความทนสูง |

จากตาราง 24 ผลการตรวจคำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 54.17 อยู่ในระดับดีมากที่สุด สามารถเขียนเพื่ออธิบายถึงการตั้งข้อสันนิษฐาน และระบุหลักฐานที่ได้รับ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน แต่อย่างไรก็ตามในด้านของการให้เหตุผลประกอบกับการใช้หลักฐานเพื่อลงขอสรุป นักเรียนส่วนใหญ่ยังให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ไม่เพียงพอ หรือมีเหตุผลบางประเด็นที่ไม่ชัดเจน ส่วนนักเรียนร้อยละ 32.72 (อยู่ระดับผ่าน) นักเรียนกลุ่มนี้แสดงการระบุข้อสันนิษฐาน และระบุหลักฐานที่ได้รับ ได้อย่างถูกต้องและมีหลักฐานบางส่วนที่ไม่ครบถ้วน หรือไม่สอดคล้องกับการสนับสนุนข้อสรุป อีกทั้งนักเรียนกลุ่มนี้ยังสามารถให้เหตุผลประกอบกับการใช้หลักฐานเพื่อลงขอสรุปที่ไม่ชัดเจน และมีประเด็นบางส่วนไม่ถูกต้อง แต่สำหรับนักเรียนร้อยละ 13.09 (ระดับไม่ผ่าน) ไม่มีการระบุข้อสันนิษฐาน และประจักษ์พยาน อีกทั้งไม่สามารถเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้

ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจาก 1 กิจกรรม เพื่อแสดงแทนคำตอบของนักเรียนในกลุ่มความสามารถอยู่ในระดับ ดีและผ่าน ที่มีความชัดเจนและสอดคล้องกับตัวบ่งชี้นี้มากที่สุด เพราะนักเรียนส่วนใหญ่มีลักษณะของคำตอบที่มีความคล้ายกัน ดังภาพ 12

ก)

5. ให้นักเรียนระบุหลักฐานที่ได้มาจากการทดสอบและจากการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่มีความเชื่อมโยงและสอดคล้องการข้อสรุป โดยให้เหตุผลในการสนับสนุน

| เนื้อความที่สนับสนุนจากเอกสารอ้างอิง | หลักฐาน | การให้เหตุผล |
|---|---|---|
| ขวดพลาสติกประเภท PET ... ทนรอยแรงกระแทก ไม่ปกป้องแสงยูวี มีความเหนียว ใส ... ปลอดภัย ... ราคาถูก ... แรงกระแทกจากระยะสูง 2 ม. ... | - ... PET ... ไม่มีรอยขีดข่วน ... - ข้อมูลจาก ดร. ... | ... PET ... ไม่ประยุกต์ ... |

ข)

5. ให้นักเรียนระบุหลักฐานที่ได้มาจากการทดสอบและจากการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่มีความเชื่อมโยงและสอดคล้องการข้อสรุป โดยให้เหตุผลในการสนับสนุน

| เนื้อความที่สนับสนุนจากเอกสารอ้างอิง | หลักฐาน | การให้เหตุผล |
|---|---|---|
| พอลิโพรพิลีน (PP) ... ทนต่อรอยขีดข่วน ... แข็งแรง ... | www. zaeteam.net | PP มีสีขาวขุ่น ไม่ทึบแสง ทนต่อรอยขีดข่วน |

**ภาพ** 12 แสดงคำตอบการระบุข้อสันนิษฐาน และประจักษ์พยาน อีกทั้งไม่สามารถเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์, 12 กุมภาพันธ์ 2562) ก) S18, ตัวอย่างคำคอบของนักเรียนในกลุ่มระดับดี ข) S7, ตัวอย่างคำคอบของนักเรียนในกลุ่มระดับผ่าน

**ผลการวิเคราะห์จากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน ให้เหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมในการระบุข้อสันนิษฐาน และประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ลงข้อสรุป และสร้างข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน

ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนข้อสรุปและข้อโต้แย้งของตนเองได้ ซึ่งผลจากการสังเกตโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะและการถอดเทปบันทึกภาพรายงานดังตาราง 25 (กำหนดให้ I เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 3)

**ตาราง 25 แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 3 ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่านไม่ (Unsatisfactory) 38 (13.57) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G4 | I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองอย่างครบถ้วน<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการการสืบค้น 1 แหล่งที่มา ได้แก่ บทความวิทยาศาสตร์จากอินเทอร์เน็ต<br>I : ไม่ให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนข้อโต้แย้งและไม่สอดคล้องกับข้อสรุป |
| | | G7 | I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองอย่างครบถ้วน<br>I : ไม่ให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนข้อโต้แย้งและไม่สอดคล้องกับข้อสรุป |

ตาราง 25 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่าน (Progressing) 87 (31.07) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด)<br><br>โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิดและสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์<br>(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G1 | I : ระบุข้อสันนิษฐานการทดลองที่สอดคล้องกับเรื่องที่ศึกษา<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองอย่างครบถ้วน<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการการสืบค้น 1 แหล่งที่มา ได้แก่ บทความวิทยาศาสตร์จากอินเทอร์เน็ต<br>I : ระบุประจักษ์พยานที่ใช้ในการสร้างข้อสรุปและข้อโต้แย้ง<br>I : เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับข้อสรุป และข้อโต้แย้ง |
| | | G3 | I : ระบุข้อสันนิษฐานการทดลองที่สอดคล้องกับเรื่องที่ศึกษา<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองอย่างครบถ้วน<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการการสืบค้น 1 แหล่งที่มา ได้แก่ บทความวิทยาศาสตร์จากอินเทอร์เน็ต<br>I : ระบุประจักษ์พยานที่ใช้ในการสร้างข้อสรุปและข้อโต้แย้ง<br>I : ไม่ให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนข้อโต้แย้ง |

ตาราง 25 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ดี (Good) 155 (55.36) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิดและสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G2 | I : ระบุข้อสันนิษฐานการทดลองที่สอดคล้องกับเรื่องที่ศึกษา<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองอย่างครบถ้วน<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการการสืบค้น 3 แหล่งที่มา ได้แก่ หนังสือเรียนเพิ่มเติม วารสารทางด้านวิทยาศาสตร์ และบทความวิทยาศาสตร์จากอินเทอร์เน็ต<br>I : ระบุประจักษ์พยานที่ใช้ในการสร้างข้อสรุปและข้อโต้แย้ง<br>I : แสดงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้าง |
| | | G5 และ G6 | I : ระบุข้อสันนิษฐานการทดลองที่สอดคล้องกับเรื่องที่ศึกษา<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการทดลองอย่างครบถ้วน<br>I : ระบุประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่ได้จากการการสืบค้น 2 แหล่งที่มา ได้แก่ หนังสือเรียนเพิ่มเติม และบทความวิทยาศาสตร์จากอินเทอร์เน็ต<br>I : ระบุประจักษ์พยานที่ใช้ในการสร้างข้อสรุปและข้อโต้แย้ง<br>I : แสดงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้าง |

จากตาราง 25 พบว่า จากการสังเกตนักเรียนมีพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้ที่ 3 อยู่ในระดับดี (Good) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.36 ซึ่งนักเรียนสามารถระบุและใช้ประจักษ์พยาน (หลักฐาน)

ที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ในการลงข้อสรุป และสร้างข้อโต้แย้งในชั้นเรียนได้ อีกทั้งสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนข้อสรุปและข้อโต้แย้งในบางได้ถูกต้อง และจากการตรวจสอบใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลองมากที่สุด แต่ประจักษ์พยานที่ได้จากการสืบค้นอาจมีจำนวนข้อมูลที่แตกต่างกัน อีกทั้งในเรื่องของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุปและข้อโต้แย้งได้ แต่อาจมีบางประเด็นที่ไม่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์

**ผลการวิเคราะห์จากแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

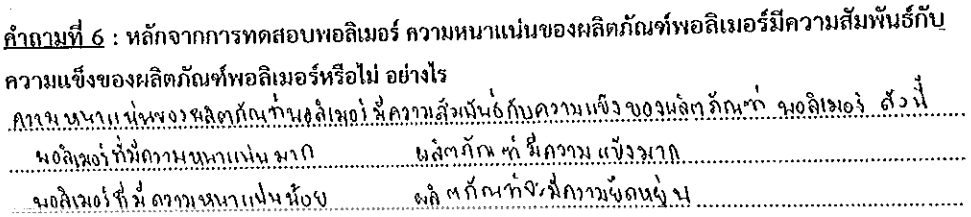
ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคำตอบในแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 3 ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามได้ ดังตาราง 26

**ตาราง 26 แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 3**

| ตัวบ่งชี้ | ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 3 | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) | ผ่าน (Progressing) | ดี (Good) |
| 3) ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ | 3 (7.14) | 14 (33.34) | 25 (59.52) |

จากตาราง 26 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามที่ใช้วัดความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดี (Good) คิดเป็นร้อยละ 59.52 ซึ่งจัดเป็นการเขียนระบุประจักษ์พยานและให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนข้อสรุปในสถานการณ์ที่กำหนด (ดังภาพ 13) นักเรียนที่อยู่ในระดับผ่าน (Progressing) คิดเป็นร้อยละ 33.34 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน ซึ่งอาจมีการระบุประจักษ์พยานไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อสรุป หรือมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้อง เป็นต้น สำหรับนักเรียนที่อยู่กลุ่มระดับไม่ผ่าน (Unsatisfactory) คิดเป็นร้อยละ 7.14 นักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถ

ตอบคำถามที่วัดความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน เหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง




**ภาพ** 13 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

**ตัวบ่งชี้ที่ 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น**

**ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม**

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนสามารถแยกแยะว่าข้อโต้แย้งใดที่มาจากการอ้างถึงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งใดมาจากความคิดเห็นส่วนตัวหรือจากประสบการณ์ที่ไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนได้ แต่นักเรียนเหล่านี้มีรายระเอียดของคำตอบแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของคำตอบนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น ดังตาราง 27 (กำหนดให้ D เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 4)

ตาราง 27 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่านไม่ (Unsatisfactory) 29 (17.26) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) | S26 | $D_1$: ไม่มีการระบุและแยกแยะข้อโต้แย้งที่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์<br>$D_1$: ไม่มีการระบุและแยกแยะข้อโต้แย้งที่ผ่านการพิจารณาจากสิ่งอื่น |
| ผ่าน (Progressing) 99 (58.93) | ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 12 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (การทดลอง) | S21 และ S24 | $D_1$: จากการทดลองพลาสติกชนิด PP สามารถทนความร้อนได้<br>$D_1$: ไม่มีการระบุและแยกแยะข้อโต้แย้งที่ผ่านการพิจารณาจากสิ่งอื่น<br>$D_2$: จากการทดลอง พบว่า พลาสติกชนิด PET มีความแข็ง และทนต่อแรงขีดข่วน เพราะมีโครงสร้างแบบเส้นตรงที่มีสายโซ่พอลิเมอร์เรียงชิดติดกันมาก<br>$D_2$: การเลือกใช้พอลิเมอร์ชนิด PET เพราะสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ดี และเป็นที่นิยมใช้เป็นผลิตภัณฑ์บรรจุน้ำผลไม้และน้ำอัดลมเป็นจำนวนมาก |

ตาราง 27 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ดี (Good) 40 (23.81) | **ใบกิจกรรมการเรียนรู้** (จำนวน 4 ชุด) **ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 1** เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 12 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (การทดลอง) | S39 | $D_1$: การเลือกพอลิเมอร์ชนิด PET เป็นขวดพลาสติกที่ใช้บรรจุน้ำผลไม้ เพราะเนื่องจากการทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ พบว่า มีความแข็งและความทนมาก จึงสามารถเกิดความเสียหายหรือรอยขีดข่วนได้น้อยมาก เพราะพอลิเมอร์นี้มีโครงสร้างแบบเส้นตรงที่มีสายโซ่พอลิเมอร์เรียงชิดติดกันมากจึงทำให้นิยมใช้ทำขวดพลาสติกจำนวนมาก $D_1$: การเลือกใช้ขวดพลาสติกชนิด PP ในการบรรจุน้ำผลไม้ได้ เพราะมีราคาที่ถูกและหาซื้อได้ง่าย อีกทั้งคนส่วนใหญ่นิยมใช้บรรจุน้ำดื่มเป็นจำนวนมาก |

จากตาราง 27 ผลการตรวจคำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 58.93 อยู่ในระดับผ่านมากที่สุด สามารถเขียนอธิบายเพื่อแยกแยะว่าข้อโต้แย้งใดที่มาจากการอ้างอิงถึงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งใดมาจากความคิดเห็นส่วนตัวหรือจากประสบการณ์ที่ไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนได้ แต่มีประเด็นบางส่วนที่มีเกี่ยวข้องหรือมีความผิดพลาดบางส่วน นักเรียนร้อยละ 23.81 (อยู่ระดับดี) นักเรียนกลุ่มนี้แสดงการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้เป็นอย่างดี แต่สำหรับนักเรียนร้อยละ 17.26 (ระดับไม่ผ่าน) ไม่สามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ หรือมีการแยกแยะข้อโต้แย้งที่ไม่ถูกต้อง

ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจาก 1 กิจกรรม เพื่อแสดงแทนคำตอบของนักเรียนในกลุ่มความสามารถอยู่ในระดับ ดีและผ่าน ที่มีความชัดเจนและสอดคล้องกับตัวบ่งชี้นี้มากที่สุด เพราะนักเรียนส่วนใหญ่มีลักษณะของคำตอบที่มีความคล้ายกัน ดังภาพ 14

ก)

7. ให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการศึกษาผลงานและข้อโต้แย้งที่สมาชิกกลุ่มอื่นได้นำเสนอ

| คำกล่าวอ้าง/ข้อมูล (เพื่อนต่างกลุ่ม) | สิ่งที่ใช้สนับสนุนข้อมูล (เพื่อนต่างกลุ่ม) | | เหตุผลที่ใช้สนับสนุน (ของเพื่อนต่างกลุ่ม) | การประเมิน (ยอมรับ/ลัดล้าน) |
|---|---|---|---|---|
| | หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ | การพิจารณาจากสิ่งอื่น | | |
| เลือกใช้ PET เพราะมีการเขียนเรื่องขนาดและลักษณะที่ทนต่อแรงกระแทกซึ่ง PET เป็นพลาสติกที่ใช้ในการผลิตขวดน้ำ ขวดน้ำมัน ขวดใส่ | ใช้ข้อมูลจากการสืบค้นคือ PET มาจากพลาสติก - อาใช้ใส่ของบริโภค แต่ไม่ควรอย่างยิ่งในการ ขนาดของน้ำได้ | จากการสืบค้นจาก https://th.m.wikipedia.org/wiki/พลาสติก PET เป็นพลาสติกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการผลิตขวดน้ำ ขวดน้ำมัน ขวดใส่ | - ขวด PET มีความแข็งแรง ทนทาน มีความยืดหยุ่น - PET ใช้ในการผลิตขวดน้ำ ขวดน้ำมัน ขวดใส่ | ยอมรับ เพราะกลุ่มนี้มีข้อมูลที่ใช้สนับสนุนข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต และมีความเกี่ยวข้องกับ PET มีความแข็งแรง ทนทาน มีความยืดหยุ่น จึงเหมาะที่จะนำมาผลิต ขวดน้ำ ขวดน้ำมัน ขวดใส่ ข้อมูลที่ใช้ในการยอมรับ |

ข)

**ภาพ** 14 แสดงคำตอบของตัวบ่งชี้ที่ 4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์**พยาน** และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น และตัวบ่งชี้ที่ 5 **การ**ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย (ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์, 12 กุมภาพันธ์ 2562) ก) S23, ตัวอย่างคำคอบของนักเรียนในกลุ่มระดับ**ดี** ข) S24, ตัวอย่างคำคอบของนักเรียนในกลุ่มระดับผ่าน

**ผลการวิเคราะห์จากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมในการโต้แย้งและการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น เช่น ความคิดเห็นส่วนตัว ประสบการณ์ หรือประเด็นทั้งหมดทางสังคมที่ขาดประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์

สนับสนุนได้ ซึ่งผลจากการสังเกตโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะและการถอดเทปบันทึกภาพ รายงานดังตาราง 28 (กำหนดให้ D เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 4)

**ตาราง 28 แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่านไม่ (Unsatisfactory) 59 (21.07) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G3 | D : ไม่แสดงการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์<br>D : ไม่สามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากการพิจารณาจากประเด็นทางสังคมที่ขาดประจักษ์พยาน |
| | | G4 | D : แสดงการโต้แย้งที่ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา<br>D : ไม่สามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากการพิจารณาจาก ประเด็นทางสังคมที่ขาดประจักษ์พยาน |
| ผ่าน (Progressing) 126 (45.00) | | G1 และ G5 และ G7 | D : แสดงการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่อ้างอิงถึงหลักฐานประจักษ์พยานที่มีอยู่<br>D : แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากการพิจารณาคิดเห็นส่วนตัว และประสบการณ์ส่วนตัวได้ แต่ยังมีความสับสนกับประเด็นทางสังคมบางอย่างที่ขาดประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ |

ตาราง 28 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ดี (Good) 95 (33.93) | **แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด)** **โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์** การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G2 | D : แสดงการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่อ้างอิงถึงหลักฐานประจักษ์พยานที่มีอยู่ D : แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากการพิจารณาคิดเห็นส่วนตัว ประสบการณ์ |
| | | G6 | D : แสดงการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่อ้างอิงถึงหลักฐานประจักษ์พยานที่มีอยู่ D : แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากการพิจารณาคิดเห็นส่วนตัว ประเด็นทางสังคมที่ขาดประจักษ์พยาน |

จากตาราง 28 พบว่า จากการสังเกตนักเรียนมีพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้ที่ 4 อยู่ในระดับผ่าน (Progressing) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.00 นักเรียนแสดงการโต้แย้งและการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น เช่น ความคิดเห็นส่วนตัว ประสบการณ์ หรือประเด็นทางสังคมที่ขาดประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้บางส่วน และจากการตรวจสอบใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ในการนำเสนอข้อมูลของนักเรียนยังขาดการระบุแหล่งที่มาของหลักฐานหรือข้อมูลต่าง ๆ จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้ไม่ทราบว่าเป็นข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์หรือมาจากการกล่าวอ้างที่เป็นประเด็นทางสังคมอยู่

**ผลการวิเคราะห์จากแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคำตอบในแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่ใช้วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามได้ดังตาราง 29

**ตาราง 29 แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 4**

| ตัวบ่งชี้ | ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 4 | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) | ผ่าน (Progressing) | ดี (Good) |
| 4) แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น | 4 (9.52) | 28 (66.67) | 10 (23.81) |

จากตาราง 29 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น อยู่ในระดับผ่าน (Progressing) คิดเป็นร้อยละ 66.67 ซึ่งเป็นการเขียนที่แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นในสถานการณ์ที่กำหนด (ดังภาพ 15) นักเรียนที่อยู่ในระดับดี(Good) คิดเป็นร้อยละ 23.81 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน สำหรับนักเรียนที่อยู่กลุ่มระดับไม่ผ่าน (Unsatisfactory) คิดเป็นร้อยละ 9.52 นักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ถูกต้อง

จากข้อมูลดังกล่าว นักเรียนคนใดมีแนวคิดที่ถูกต้อง เพราะเหตุใด

ดนัย เพราะพลาสติกประเภท LDPE มีความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับขวดพลาสติกดังกล่าว ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงลอยได้ในน้ำ และมีความหนาแน่นมากกว่าเอทานอลและน้ำมันพืช และมีลักษณะที่คล้ายกับขวดพลาสติก คือ เกิดรอยขีดข่วนได้ มีลักษณะค่อนข้างอ่อน สามารถยืดได้เล็กน้อย มีสีขาวขุ่น

**ภาพ 15 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น**

**ตัวบ่งชี้ 5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย**

**ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม**

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนสามารถเขียนเพื่อประเมินว่าข้อโต้แย้งเหล่านั้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ ซึ่งมีการพิจารณาจากการอ้างอิงจากหลักฐานที่สนับสนุนได้ แต่นักเรียนเหล่านี้กลับขาดการระบุแหล่งที่มาของหลักฐานจึงทำให้การประเมินข้อโต้แย้งและการแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่นไม่ถูกต้อง และนักเรียนบางคนเกิดความสับสนได้ ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของคำตอบนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น ดังตาราง 30 (กำหนดให้ E เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 5)

**ตาราง 30 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวบ่งชี้ที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| **ผ่านไม่** (Unsatisfactory) 24 (14.29) | | S40 | E: ตัดสินใจเลือกใช้พอลิเมอร์ชนิด PP (ไม่มีการระบุเหตุผลประกอบ) E: คัดค้านแนวคิดที่ที่การตัดสินใน เลือกใช้พอลิเมอร์ชิด PP (ไม่มีการระบุเหตุผลประกอบ) |
| ผ่าน (Progressing) 92 (54.76) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 12 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (การทดลอง) | S24 และ S33 | E: ยอมรับในการตัดสินใจในการเลือกใช้ พอลิเมอร์ชนิด PET เพราะมีความเหนียว ทนทาน มีความยืดหยุ่นจึงสามารถนำมาเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ เพื่อการบรรจุน้ำอัดลม น้ำผลไม้ ข้อมูลเหล่านี้เป็นหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และพิจารณาจากการสืบค้นจาก อินเทอร์เน็ต E: ยอมรับแนวคิดที่นำพอลิเมอร์ชนิด PP มาใช้งาน เพราะจากหลักฐานการทดลองและการสืบค้นจากวารสารทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ทราบว่า พอลิเมอร์ชนิด PP มีความทน และความแข็ง และสามารถทนความร้อนได้เนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นเส้นตรงจึงทำให้มีคุณสมบัติเหล่านี้ |

ตาราง 30 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | นักเรียน (S) | ตัวอย่างบางคำตอบจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ดี (Good) 52 (30.95) | ใบกิจกรรมการเรียนรู้ (จำนวน 4 ชุด) ตัวอย่าง กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 12 กุมภาพันธ์ 2562 การทดสอบคุณสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (การทดลอง) | S25 | E: ตัดสินใจเลือกใช้พอลิเมอร์ชนิด PET เป็นขวดพลาสติกที่ใช้บรรจุน้ำผลไม้ เนื่องจากการทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ พบว่า มีความแข็ง และความทนมาก สามารถเกิดความเสียหายหรือรอบขีดข่วนได้น้อยมาก อีกทั้งมีข้อมูลจาก ธนาวดี ลี้จากภัย แหล่งที่มาของข้อมูลจากวารสาร ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ เพื่อสนับสนุนเพื่อสนับสนุนผลการทดสอบ ว่า PET มีความแข็งแรงจึงป้องกันการกระแทกได้สูง และความทนต่อสารเคมีบางชนิดและแรงดันแก๊สได้สูงมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมีสายโซ่ยาวเรียงชิดติดกันมาก จะทำให้มีความเหนียวมากขึ้น |

จากตาราง 30 ผลการตรวจคำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 54.76 อยู่ในระดับผ่านมากที่สุด สามารถเขียนอธิบายเพื่อประเมินว่าข้อโต้แย้งเหล่านั้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ ซึ่งมีการพิจารณาจากการอ้างอิงจากหลักฐานที่สนับสนุนได้ แต่นักเรียนเหล่านี้กลับขาดการระบุแหล่งที่มาของหลักฐานจึงทำให้การประเมินข้อโต้แย้งและการแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่นไม่ถูกต้อง และนักเรียนบางคนเกิดความสับสนได้ นักเรียนร้อยละ 30.95 (อยู่ระดับดี) นักเรียนกลุ่มนี้แสดงการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายได้เป็นอย่างดี แต่สำหรับนักเรียนร้อยละ 14.29 (ระดับไม่ผ่าน) ไม่สามารถประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายได้ถูกต้อง (ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังภาพ 14)

**ผลการวิเคราะห์จากแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือ และเอกสารประกอบการเรียนรู้ วารสาร หรืออินเทอร์เน็ตว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ โดยพิจารณาและระบุการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลจากการสังเกตโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะและการถอดเทปบันทึกภาพ รายงานดังตาราง 31 (กำหนดให้ E เป็นรหัสแทนตัวบ่งชี้ที่ 5)

**ตาราง 31 แสดงผลการวิเคราะห์และตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากการสังเกตในตัวบ่งชี้ที่ 5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย**

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่านไม่ (Unsatisfactory) 44 (15.71) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G3 และ G4 | E : สามารถประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ โดยพิจารณาจากแหล่งที่มา<br>E : ไม่ระบุแหล่งที่มาของข้อโต้แย้งและหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์<br>E : ไม่แสดงการตัดสินใจว่ายอมรับหรือคัดค้านข้อมูลและข้อกล่าวอ้างของคนอื่นหรือแหล่งข้อมูลอื่น<br>E : ไม่ระบุเหตุผลในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือคัดค้านชุดข้อมูล |

ตาราง 31 (ต่อ)

| ระดับความสามารถ (ความถี่และร้อยละ) | ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ตัวอย่าง 1 กิจกรรม) | กลุ่มนักเรียน (G) | ตัวอย่างบางพฤติกรรมจากการวิเคราะห์และตีความ (การให้รหัส) |
|---|---|---|---|
| ผ่าน (Progressing) 123 (43.93) | แบบสังเกตสมรรถนะ (จำนวน 4 ชุด) โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละชนิด และสืบค้นข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) | G2 และ G6 และ G7 | E : สามารถประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ โดยพิจารณาจากแหล่งที่มา<br>E : ไม่ระบุแหล่งที่มาของข้อโต้แย้งและหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์<br>E : แสดงการตัดสินใจว่ายอมรับหรือคัดค้านข้อมูลและข้อกล่าวอ้างของคนอื่นหรือแหล่งข้อมูลอื่น<br>E : ไม่ระบุเหตุผลในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือคัดค้านชุดข้อมูล |
| ดี (Good) 113 (40.36) | | G2 และ G5 | E : ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ โดยพิจารณาจากแหล่งที่มา<br>E : ระบุแหล่งที่มาของข้อโต้แย้งและหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์<br>E : แสดงการตัดสินใจว่ายอมรับหรือคัดค้านข้อมูลและข้อกล่าวอ้างของคนอื่นหรือแหล่งข้อมูลอื่น<br>E : ระบุเหตุผลในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือคัดค้านชุดข้อมูล |

จากตาราง 31 พบว่า จากการสังเกตนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้ที่ 5 อยู่ในระดับผ่าน (Progressing) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.93 ซึ่งนักเรียนมีแสดงการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือและเอกสารประกอบการเรียนรู้ วารสาร หรืออินเทอร์เน็ตว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ แต่ไม่ระบุการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของ

ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และจากการตรวจสอบใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถประเมินข้อมูลเพื่อตัดสินใจยอมรับหรือคัดค้านข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นได้ แต่นักเรียนมีข้อผิดพลาดส่วนใหญ่คือ ไม่ระบุแหล่งที่มาของคำกล่าวอ้าง ข้อโต้แย้งหรือประจักษ์พยานที่นำมาใช้ในการให้เหตุผลดังกล่าว

**ผลการวิเคราะห์จากแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคำตอบในแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามได้ ดังตาราง 32

**ตาราง 32 แสดงผลการวิเคราะห์ในแบบทดสอบสมรรถนะของนักเรียนแต่ละคน สามารถตอบข้อคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 5**

| ตัวบ่งชี้ | ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถของตัวบ่งชี้ที่ 5 | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) | ผ่าน (Progressing) | ดี (Good) |
| 5) ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย | 8 (19.05) | 23 (54.76) | 11 (26.19) |

จากตาราง 32 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายได้ อยู่ในระดับผ่าน (Progressing) คิดเป็นร้อยละ 54.76 ซึ่งเป็นการเขียนเพื่อประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายได้ดีมากขึ้น (ดังภาพ 16) นักเรียนที่อยู่ในระดับดี (Good) คิดเป็นร้อยละ 26.19 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน สำหรับนักเรียนที่อยู่กลุ่มระดับไม่ผ่าน (Unsatisfactory) คิดเป็นร้อยละ 19.05 นักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถตอบคำถามที่วัดความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายได้ถูกต้อง

จากข้อมูลดังกล่าว นักเรียนกลุ่มใดมีแนวคิดการเลือกใช้ถุงมือยางได้ถูกต้อง จงอธิบายคำตอบของนักเรียน

กลุ่มที่ 2 เพราะ ถุงพีอีไฟโตร สังเคราะห์ มาจากสารเคมี ซึ่งมีคุณสมบัติของสาร อะไซโดไนโตร สามารถต่อไปถุงมือจากสารละลาย ที่เข้า ป้องกัน สารเคมีพวกตัวทำละลาย น้ำมัน สาร ละลายอินทรีย์ ได้เป็นอย่างดี และ สามารถต่อการฉีกขาดจาก ต่อการ แรงดึง และ แรงการขัดข่วน ได้ เป็นอย่างดี มีความยืดหยุ่น ก่อนข้างน้อย อาจจะทำให้สวมใส่ไม่กระชับมือ มีความหนาพอเป็น ปานกลาง

**ภาพ** 16 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่วัดความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย

**ผลโดยรวมของการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์**

ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตีความข้อมูลจากผลการประเมินของเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยมีการใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่และร้อยละ ในการอธิบายผลภาพรวมเพื่อประกอบข้อมูลเชิงคุณภาพที่อธิบายถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 33

ตาราง 33 แสดงผลโดยรวมของการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์

| รายการ | ระดับความสามารถในการการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) | ผ่าน (Progressing) | ดี (Good) |
| **ใบกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละกิจกรรม** | | | |
| กิจกรรมที่ 1 | 51 (24.29) | 88 (41.90) | 71 (33.81) |
| กิจกรรมที่ 2 | 36 (17.14) | 94 (44.76) | 80 (38.10) |
| กิจกรรมที่ 3 | 18 (8.57) | 109 (51.90) | 83 (39.53) |
| กิจกรรมที่ 4 | 12 (5.72) | 112 (53.33) | 83 (40.95) |
| **แบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์** | | | |
| กิจกรรมที่ 1 | 78 (22.28) | 143 (40.86) | 129 (36.86) |
| กิจกรรมที่ 2 | 65 (18.57) | 141 (40.29) | 144 (41.14) |
| กิจกรรมที่ 3 | 42 (12.00) | 139 (39.72) | 169 (48.28) |
| กิจกรรมที่ 4 | 29 (8.29) | 144 (41.14) | 177 (50.57) |
| **แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์** | | | |
| ทดสอบหลังเรียน | 6 (14.29) | 26 (61.90) | 10 (23.81) |

จากตาราง 33 ผลในภาพรวมของการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง พอลิเมอร์ หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ พบว่า

จากการตรวจสอบคำตอบนักเรียนแต่ละคนในใบกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีผลรวมสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการตรวจสอบคำตอบในใบกิจกรรมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ อยู่ในกลุ่มความสามารถระดับผ่าน (Progressing) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41.90, 44.76, 51.90 และ 53.33 ตามลำดับของแผนการจัดการเรียนรู้ หากเปรียบเทียบผลของสมรรถนะที่ได้จากใบกิจกรรมในแต่ละแผนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มของการพัฒนาของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มสูงขึ้น

ผลการสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น หากพิจารณาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงพฤติกรรมของสมรรถนะที่ศึกษาอยู่ใน ระดับ ผ่าน (Progressing) คิดเป็นร้อยละ 40.86 เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 3 และ 4 พบว่า นักเรียนสามารถแสดงพฤติกรรมของสมรรถนะที่ศึกษาอยู่ในระดับ ดี (Good) คิดเป็นร้อยละ 41.14, 48.28 และ 50.57 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นขึ้น

หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เสร็จสิ้น ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบสมรรถนะ กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่มีการแสดงความสามารถที่อยู่ในระดับ ผ่าน (Progressing) คิดเป็นร้อยละ 61.90 จึงทำให้ทราบว่านักเรียนแสดงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับข้อคำถาม แต่อาจมีคำตอบที่ไม่ครบถ้วนตามกลุ่มตัวบ่งชี้ อีกทั้งยังมีนักเรียนที่แสดงความสามารถที่อยู่ในระดับ ดี (Good) คิดเป็นร้อยละ 23.81 ตอบคำถามที่ใช้วัดความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง และนักเรียนที่แสดงความสามารถที่อยู่ในระดับ ไม่ผ่าน (Unsatisfactory) คิดเป็นร้อยละ 14.29 นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถตอบคำถามที่แสดงความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้

# บทที่ 5

# บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) จุดมุ่งหมาย คือ เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการเรียนรู้เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา พุทธศักราช 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน จำนวน 1 ห้อง มีทั้งหมด 42 คน ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการวิจัย ที่ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง พอลิเมอร์ จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ 2) ใบกิจกรรมการเรียนรู้จำนวนทั้งหมด 4 กิจกรรม 3) แบบสังเกตสมรรถนะของนักเรียน และอีกทั้ง 4) แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยจึงรายงานบทสรุป ประกอบด้วย 1) สรุปผลการวิจัย 2) อภิปรายผล 3) ข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการวิจัย

จากการรายงานผลเพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะ และแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ พบว่า นักเรียนมีผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า

**ตัวบ่งชี้ที่** 1 แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่นได้ในระดับ ผ่าน (Progressing) ซึ่งมีการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบของการเขียนเพื่ออธิบายข้อความสั้น ๆ ที่ประกอบด้วย 3-6 ประโยค จากข้อมูลที่เป็นตารางบันทึกผลการทดลอง การแปลงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลอง และการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนยังมีการแปลงข้อมูลบางอย่างจากการสังเกตผลทดลองไม่ครบถ้วนหรือมีการแปลงข้อมูลที่ผิดพลาดจึงทำให้ข้อสรุปบางประเด็นที่ไม่ชัดเจนหรือไม่ถูกต้องเล็กน้อย

**ตัวบ่งชี้ที่** 2 การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุปได้ในระดับ ดี (Good) ซึ่งมีการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากชุดข้อมูลที่เป็นการบันทึกผลการทดลองหรือชุดข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น เพื่อลงข้อสรุปที่มีการเชื่อมโยงถึงหลักฐานหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

**ตัวบ่งชี้ที่** 3 ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ในระดับ ดี (Good) ซึ่งมีการเขียนเพื่ออธิบายถึงการตั้งข้อสันนิษฐาน และระบุหลักฐานที่ได้รับ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน แต่อย่างไรก็ตามในด้านของการให้เหตุผลประกอบกับการใช้หลักฐานเพื่อลงขอสรุป นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ไม่เพียงพอ หรือมีเหตุผลบางประเด็นที่ไม่ชัดเจน

**ตัวบ่งชี้ที่** 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ในระดับ ผ่าน (Progressing) ซึ่งมีการเขียนอธิบายเพื่อแยกแยะว่าข้อโต้แย้งใดที่มาจากการอ้างอิงถึงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งใดมาจากความคิดเห็นส่วนตัวหรือจากประสบการณ์ที่ไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนได้ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนยังคงมีประเด็นบางที่ไม่สามารถแยกแยะได้ เช่น ประเด็นทางสังคมที่ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดที่มีประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน เป็นต้น

**ตัวบ่งชี้ที่** 5 การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายได้ในระดับ ผ่าน (Progressing) ซึ่งมีการเขียนอธิบาย

เพื่อประเมินว่าข้อโต้แย้งเหล่านั้นที่มาจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ มีความน่าเชื่อถือหรือไม่ ซึ่งมีการพิจารณาจากการอ้างอิงหลักฐานที่สนับสนุนได้ แต่นักเรียนเหล่านี้กลับขาดการระบุแหล่งที่มาของหลักฐานจึงทำให้การประเมินข้อโต้แย้งและการแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่นไม่ถูกต้องและนักเรียนบางคนเกิดความสับสนได้

ดังนั้น จากการวิจัยในครั้งนี้จึงสามารถอธิบายได้ว่า นักเรียนมีผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นอันเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการแสดงออกของตัวบ่งชี้ที่ 2 และ 3 สูงสุดในระดับดีซึ่งเกี่ยวกับความสามารถในการแสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์แล้วลงข้อสรุป และสามารถระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

**อภิปรายผล**

จากการรายงานผลเพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ได้พบว่า นักเรียนเกิดการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มสูงมากขึ้นหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดยสมรรถนะดังกล่าวนั้น มีองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมด 5 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 1) การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น 2) การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป 3) การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน เหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ 4) แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น 5) ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอการอภิปรายผลการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนในแต่ละตัวบ่งชี้เป็นอย่างไรที่ส่งผลถึงการพัฒนาสมรรถนะในด้านนี้ของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น

**ตัวบ่งชี้ที่ 1 การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น**

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 1) ในขั้นการทดลอง (Experimentation) นักเรียนได้สร้างและออกตารางบันทึกผลการทดลองเพื่อใช้เก็บ

รวบรวมข้อมูลได้อย่างครบถ้วนจากการอ่านข้อมูลในคู่มือปฏิบัติการทดลอง แล้วเริ่มทำการทดลองจนเริ่มเข้าสู่ขั้นการสังเกต (Observation) นักเรียนได้ทำการแปลงข้อมูลจากการสังเกตลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนเป็นผู้ออกแบบเอง ผลจากการรายงาน พบว่า นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลจากการสังเกตในรูปแบบการเขียนที่นำเสนอข้อมูลแบบตารางผลการทดลองได้ แต่นักเรียนส่วนใหญ่มีการแปลงรายระเอียดของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตไม่ครบถ้วน เช่น ไม่บันทึกลักษณะหรือรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างพอลิเมอร์ อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถแปลงข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นที่มีลักษณะเป็นกราฟ ตารางการทดลอง และบทความบรรยายต่าง ๆ แล้วนำเสนอในรูปแบบของการเขียนได้ เช่น การเขียนเป็นข้อความอธิบายสั้น ๆ ที่ประกอบด้วย 3-6 ประโยค หรือการเขียนสรุปแนวคิดเป็นผังความคิด ในขั้นการเขียน (Writing) ได้เป็นอย่างดี แต่จากการตรวจสอบในใบกิจกรรมและการสังเกต พบว่านักเรียนเลือกเขียนบรรยายเป็นความเรียงมากที่สุดเพื่อสรุปแนวความคิดหลังจากการจัดการเรียนรู้ส่งผลให้นักเรียนความสามารถของนักเรียนในตัวบ่งชี้ที่ 1 ดีมากขึ้น สอดคล้องของ Gillespie (2014) ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การแปลงข้อมูลและการเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นรูปแบบให้นักเรียนได้เขียนและจดบันทึกขณะทำกิจกรรม จะสามารถทำให้นักเรียนได้คิดและออกแบบการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ได้ดี เช่น การแปลงข้อมูลจากตารางเป็นการเขียนอธิบายเป็นข้อความสรุปสั้น ๆ หรือการแปลงข้อมูลจากตารางการทดลอง เป็นรูปแบบของกราฟ เป็นต้น ทั้งนี้ครูควรให้นำแนะนำและตรวจสอบข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำมาให้นักเรียนได้อ่าน วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่มีความถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อนักเรียนจะได้นำข้อมูลดังกล่าวมาแปลงและนำเสนอได้อย่างถูกต้อง (Akkus, R. et al, 2007, p. 1763)

**ตัวบ่งชี้ที่ 2 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป**

ความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ในการวิจัยนี้นักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถนี้ในระดับดี สำหรับในขั้นการทดลอง (Experimentation) จากการสังเกตนักเรียนมีการทดการทดลองซ้ำ อย่างน้อย 2 ครั้ง แล้วแสดงการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเหล่านั้นหลายครั้ง เพื่อตรวจสอบผลการทดลองที่นำไปสู่การลงข้อสรุปที่ถูกต้องจนนำไปสู่ขั้นการลงข้อสรุป (Claim) หลังจากการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับนักเรียนได้ทำการสรุปผลการทดลองที่เชื่อมโยงถึงหลักฐานที่ได้รับ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง แต่จากการตรวจสอบคำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรม ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนบางส่วนลงข้อสรุปที่มีการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีบางประเด็นไม่สอดคล้องกันและไม่มีหลักฐานที่เชื่อมโยงในข้อสรุปนั้น อีกทั้งในขั้นการเขียน (Writing) นักเรียนมีการสรุปแนวคิดหลังจากทำกิจกรรมทั้งหมดเสร็จสิ้น ผู้วิจัยพบว่า

หลังจากการตรวจสอบใบกิจกรรมนักเรียนมีการสรุปแนวคิดบางประเด็นไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนและไม่มีหลักฐานมาสนับสนุน อาจเป็นเพราะนักเรียนบันทึกผลการทดลองจากการสังเกตมาไม่ครบถ้วนหรือการวิเคราะห์และแปลความหมายเกิดความผิดพลาดบางส่วน จึงทำให้เกิดปัญหาเหล่านี้ได้ สอดคล้องกับ Burke, K.A. et al, (2006) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการทดลองเพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล ควรสนับสนุนให้นักเรียนมีการทดลองซ้ำอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เพื่อเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับ แต่ในขณะเดียวกันครูควรเข้าหานักเรียนในแต่ละกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้ทำการบันทึกข้อมูลให้ครบถ้วน โดยครูอาจใช้คำถามกระตุ้นนักเรียน เช่น สิ่งที่สังเกตมีลักษณะเป็นอย่างไร เพื่อเน้นให้นักเรียนได้พิจารณาผลที่เกิดขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการสรุปได้อย่างถูกต้อง และผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tucri, T.S. (2016) ที่ระบุว่า การใช้เทคนิคการเขียนร่วมกับการทำกิจกรรมการทดลองแบบปกติสามารถช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความสารถในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลได้เป็นอย่างดี เพราะเนื่องจากนักเรียนได้จดบันทึกและเขียนในการเก็บรวบรวมข้อมูลทุกขั้นตอน จะให้เก็บข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆได้อย่างครบถ้วนจนนำไปสู่การสร้างข้อสรุปที่ถูกต้องและมีความสมบรูณ์มากที่สุด ครูผู้สอนควรทำหน้าที่ในการให้คำแนะนำการสำรวจตรวจสอบข้อมูลให้แก่นักเรียนได้อย่างถูกต้อง

**ตัวบ่งชี้ที่ 3 การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์**

จากการรายงานผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีการแสดงความสามารถตามตัวบ่งชี้ได้ในระดับดีมากที่สุด ซึ่งนักเรียนสามารถที่จะระบุข้อสันนิษฐานที่สอดคล้องกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี และข้อสันนิษฐานนั้นสามารถทดสอบและหาคำตอบได้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ อีกทั้งในขั้นการระบุประจักษ์พยาน (Evidence) นักเรียนสามารถระบุประจักษ์พยานที่ได้มาจากแหล่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน และที่สำคัญนักเรียนสามารถระบุได้ว่าจะเลือกใช้ประจักษ์พยานหรือหลักฐานใดในการลงข้อสรุป และใช้สนับสนุนข้อโต้แย้งต่าง ๆ แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยค้นพบว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนที่สามารถระบุประจักษ์พยานได้ดีกลับมีการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้เพียงเล็กน้อยหรือ มีการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับสนับสนุนการโต้แย้งบนพื้นฐานของประจักษ์พยานได้เล็กน้อยบางส่วน ผลการวิจัยนี้จึงสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Nurnberg, D. (2017) ได้เปิดเผยว่า การใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์มาร่วมกับการเรียนรู้แบบปกติสามารถพัฒนาสมรรถนะแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานของนักเรียนได้ในระดับสูง เพราะมีขั้นการสอนที่ส่งเสริมและสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะดังกล่าว แต่สำหรับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่นักเรียน

ต้องใช้ความรู้หรือประสบการณ์ เพื่อชี้แจงว่าหลักฐานต่าง ๆ สนับสนุนข้อสรุปนั้นอย่างไร เนื่องจากแต่ละคนอาจมีมุมมองในเรื่องเดียวกันที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นอาจจำเป็นต้องชี้แจ้งด้วยว่าหลักฐานเหล่านั้นไม่สนับสนุนข้อสรุปอื่น ๆ อย่างไร (Berland, L.K., & Reiser, B., 2009, pp. 29-31) ครูผู้สอนต้องมีกิจกรรมอื่นมาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในด้านนี้ชัดเจนมากขึ้น เมื่อนักเรียนสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นความสามารถนี้จะส่งผลต่อความสามารถในการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ดีมากขึ้นด้วย (Jeong, H. et al., 2007, p. 90)

**ตัวบ่งชี้ที่ 4 การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น**

ความสามารถในการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น จากรายงานผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถของตัวบ่งชี้ในด้านนี้อยู่ในระดับ ผ่าน ในการทำกิจกรรมในขั้นการสังเคราะห์และการโต้แย้ง (Synthesis and Argumentation) นักเรียนได้นำความรู้จากการทำการทดลองและผลการทดลองที่แตกต่างกันมาปรับใช้ในสถานการณ์กิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนด ในการนี้ครูให้นักเรียนตรวจสอบผลการทดลองให้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือเพื่อใช้ในการตัดสินใจ โดยการให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนทำการสังเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ทำการสืบค้น เพื่อใช้เป็นหลักฐานและการให้เหตุผลในการตัดสินใจ ซึ่งในการนำเสนอนั้น นักเรียนจะได้ทำการโต้แย้งกันภายในชั้นเรียน จากการตรวจสอบใบกิจกรรมและการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยานที่มีอยู่ได้ และแสดงความสามารถในการแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ กับการพิจารณาจากสิ่งอื่น อย่างเช่น นักเรียนบางส่วนนำเสนอข้อโต้แย้งที่มาจากประสบการณ์หรือความคิดเห็นส่วนตัว หรือคำกล่าวอ้างที่ขาดหลักฐานประจักษ์พยานได้ เพราะเนื่องจากในระหว่างดำเนินกิจกรรมการโต้แย้งนักเรียนได้มีการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จากเพื่อนที่นำเสนอข้อโต้แย้งเหล่านั้น จึงทำให้นักเรียนเข้าใจและเห็นถึงความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น แต่ยังคงมีนักเรียนบางส่วนที่ยังคงสับสนในคำกล่าวอ้างจากบางแหล่งข้อมูลที่เป็นประเด็นทางสังคมบางอย่าง ซึ่งผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kingir, S. et al, (2012) ระบุว่าการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการโต้แย้งจำเป็นต้องให้นักเรียนมีการจดบันทึกขณะทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถแยกแยะข้อโต้แย้งระหว่างที่มาจากประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่มาจากสิ่งอื่น แต่อย่างไรก็ตาม หากนักเรียนเกิดความสับสนครูควรให้คำแนะนำกับนักเรียนให้

เน้นพิจารณาข้อโต้แย้งที่มีประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดความสับสนลดน้อยลงได้

**ตัวบ่งชี้ที่ 5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย**

ความสามารถการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายจากการรายงานผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถของตัวบ่งชี้ในด้านนี้อยู่ในระดับ ผ่าน ในการทำกิจกรรมในขั้นการสะท้อนความคิด (Reflection) นักเรียนมีการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการลงข้อสรุปและการสร้างข้อโต้แย้งต่าง ๆ โดยเน้นการพิจารณาไปที่แหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และทำการประเมินแนวคิดของตนเองว่าหลังจากการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นและโต้แย้งเสร็จแล้ว นักเรียนมีแนวความความคิดที่เปลี่ยนไปอย่างไร จากการตรวจสอบใบกิจกรรมและการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถทำการประเมินข้อโต้แย้ง คำกล่าวอ้าง และหลักฐานต่าง ๆ ที่มีความน่าเชื่อถือจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกันได้ เช่น ข้อมูลที่มาจากหนังสือเรียน เอกสารประกอบการเรียน หนังสือพิมพ์ วารสารด้านวิทยาศาสตร์ และอินเทอร์เน็ตได้ แต่มีปัญหาบางอย่างที่ผู้วิจัยค้นพบคือ นักเรียนนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบาย คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งโดยขาดการระบุถึงแหล่งที่มาของข้อมูล ที่เป็นการอ้างอิงว่าข้อมูลที่ใช้มาจากใคร แหล่งใด หรือมีการระบุที่ไม่ชัดเจนจึงทำให้นักเรียนบางส่วนที่ร่วมทำกิจกรรมเกิดความสับสนได้ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Arnold, P.A. (2011) ที่ระบุว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการส่งเสริมการโต้แย้งในชั้นเรียนส่งผลให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง ข้อโต้แย้งและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เพราะเนื่องจากลักษณะของการเรียนรู้จะเน้นให้นักเรียนได้เขียนอธิบายแนวคิดที่ตนเองมีอยู่เปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลของคนอื่นได้ หรือจากแหล่งข้อมูลอื่น แล้วทำการประเมินแนวคิดของตนเองว่า มีการตัดสินใจยอมรับหรือคัดค้านข้อข้อเหล่านั้นหรือไม่ พร้อมกับการให้เหตุผลประกอบ เพื่อแสดงถึงการประเมินแนวคิดแล้วความเข้าใจในเรื่องที่ทำกิจกรรมหรือทำการศึกษาอยู่ ดังนั้น ในการประเมินแนวคิดหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างข้อสรุป และข้อโต้แย้งเหล่านั้นจำเป็นต้องระบุแหล่งที่มาของข้อมูลเสนอเพื่อให้ข้อมูลที่นำเสนอมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ในการทำกิจกรรมครูควรมีการแนะนำแหล่งเรียนรู้บางอย่างให้นักเรียนได้เลือกใช้เพื่อฝึกการตัดสินใจในการยอมรับข้อมูลเหล่านั้น (Rudd, AJ. et al, 2007, p. 2010)

**ข้อเสนอแนะ**

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้และการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ มีกิจกรรมการทดลองเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากการสังเกตจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในสรุปแนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา ดังนั้นควรให้นักเรียนได้เก็บรวบรวมผลการทดลองที่ได้จากการสังเกตให้ครบถ้วน เพื่อใช้เป็นหลักฐานที่นำไปสู่การลงข้อสรุปและสร้างแนวความคิดได้อย่างถูกต้อง อาจสนับสนุนให้นักเรียนได้มีการทดลองซ้ำอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เพื่อตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของข้อมูล

1.2 เมื่อนักเรียนสามารถลงข้อสรุปเป็นความเข้าใจของตนเองหลังจากการทำกิจกรรมการทดลองแล้วได้แล้ว ควรให้นักเรียนได้สำรวจความเข้าใจของตนเองเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งภายนอก เช่น หนังสือ วารสาร หรืออินเทอร์เน็ต และสามารถนำมาใช้อธิบายเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้น เพื่อทำให้ข้อสรุปของนักเรียนมีความน่าเชื่อถือและทำให้นักเรียนมีแนวความคิดที่ถูกต้อง

1.3 สำหรับกิจกรรมที่ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อสรุปของตนเองให้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ ครูควรกำหนดขอบเขตของการสืบค้นข้อมูลเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาและทำความเข้าใจที่สอดคล้องจุดประสงค์และเนื้อหาที่เรียนรู้ โดยครูอาจกำหนดหัวข้อของข้อมูลบางอย่างให้กับนักเรียนใช้เป็นแนวทางของการสืบค้น หรือครูอาจนำเสนอแหล่งข้อมูลบางอย่างให้นักเรียนได้เข้าไปศึกษา

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พบว่า การระบุประจักษ์พยาน (Evidence) นักเรียนสามารถระบุประจักษ์พยานที่มีอยู่เพื่อนำมาใช้ในการลงข้อสรุปได้ดี แต่นักเรียนเหล่านั้นมีการเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้น้อย หรือมีการให้เหตุผลบางประเด็นที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้อง และขั้นการสังเคราะห์และการโต้แย้ง (Synthesis and Argumentation) นักเรียนบางส่วนไม่สามารถให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของตนเองได้ จึงส่งผลทำให้นักเรียนมีการลงข้อสรุปที่เป็นความเจ้าในของตนเองเกิดความผิดพลาด ดังนั้นสำหรับในการทำวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนในการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ต่อไป

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กุศลิน มุสิกุล. (2553). *การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)*. สืบค้น 10 กันยายน 2561, จาก http://earlychildhood.ipst.ac.th/index.php?option=com

โครงการ PISA ประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ประเด็นหลักและนัยทางการศึกษาจาก PISA 2015: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: ซัคเซสพับลิเคชั่น.

จิรารัตน์ แสงศร. (2559). *การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เตชทัต เรืองธรรม. (2559). SWH การเขียนทางวิทยาศาสตร์. *นิตยสาร สสวท., 45*(203), 7-13.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย. (2539). *ระเบียบวิธีวิจัย*. พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นิพนธ์ จันแลน. (2557). ความเข้าใจคาดเคลื่อนในการจัดห้องเรียนรู้แบบสืบเสาะและแนวทางปรับความเข้าใจ. *นิตยสาร สสวท., 42*(190), 3-8.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร. (2560). *วิธีการจำแนกชนิดพอลิเมอร์อย่างง่ายโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้* (รายงานผลการวิจัย). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สันติชัย อนุวรชัย. (2561). การส่งเสริมความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ระบบนิเวศจำลองร่วมกับการกระตุ้นด้วยการประเมิน. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2*(1), 56-68.

สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2557). การเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: บทวิพากษ์เชิงทฤษฎีและแนวปฏิบัติในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 16*(4), 200-211.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซัคเซสพับลิเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015*. สืบค้น 8 สิงหาคม 2561, จาก http://www.ipst.ac.th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซัคเซสพับลิเคชั่น.

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

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี, และอัมพลิกา ประโมจนีย์. (2551). *ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับโลกวันพรุ่งนี้*. กรุงเทพฯ: เซเว่นพริ้นติ้ง กรุ๊ป.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย: การพัฒนาและภาวะถดถอย*. สมุทรปราการ: แอดวานส์ พริ้นติ้ง เซอร์วิซ.

สุภาพร พลพุทธา. (2552). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

อรพรรณ ธนะขว้าง. (2558). *ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีบริบทร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E ที่มีต่อสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Akkus, R., Gunel, M., & Hand, B. (2007). Comparing an inquiry-based approach known as the science writing heuristic to traditional science teaching practices: are there differences?. *International Journal of Science Education, 29*(14), 1745-1765.

Arief, M. K., & Utari, S. (2015). Implementation of levels of inquiry on science learning to Improve junior high school student's scientific literacy. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 11*(2), 117-125.

Arnold, A. P. (2011). *Investigating the impact of the science writing heuristic on student learning in high school chemistry* (Master's thesis). Whitewater: University of Wisconsin.

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

Buerke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2006). Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education, 83*(7), 1032-1038.

Gillespie, A. (2014). *Writing to learn in science: effects on fourth-grade students' understanding of balance* (Doctor of Philosophy' thesis). Nashville: Vanderbilt University.

Glynn, M. S., & Muth, D. K. (1994). Reading and writing to learn science: achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(9), 1057-1073.

Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 3*(2), 1-22.

Gowin, R. (1981). *Educating.* Ithaca, NY & London: Cornell University Press.

Greenbowe, T. J., & Hand, B. (2005). Introduction to the science writing heuristic chemists' guide to effective teaching. *Journal of College Science Teaching, 35*(1), 36-41.

Institute for Inquiry. (2015). *Science Writing: A tool for learning science and developing language.* Retrieved August 16, 2018, from https: //www. exploratorium.edu/education/ifi/inquiry-and-eld/educators-guide/science-writing

Jeong, H., Songer, N. B., & Lee, S. Y. (2007). Evidentairy competencies: sixth graders' understanding for gathering and interpreting evidence in scientific investigations. *Research Science Education, 2007*(37), 75-97.

Katherine, L., & Berland, L. (2017). What is (or should be) scientific evidence use in K-12 classrooms. *Journal of Research in science teaching, 54*(5), 672-689.

Katherine, L. (2008). *Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning.* Retrieved August 16, 2018, from https://www.katherinelmcneill.com/uploads/1/6/8/7/1687518/mcneillkrajcik_nsta_inquiry_2008.pdf

Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins. S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(10), 1065-1084.

Kingir, S., Gebanb, O., & Gunelc, M. (2012). How does the science writing heuristic approach affect students' performances of different academic achievement levels? A case for high school chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 2012*(13), 428–436.

Klein, P. D. (1999). Reopening into cognitive processes in writing-to-learn. *Educational Psychology Review, 11*(3), 70-230.

Leijen, A., Valtna, K., & Pedasteb, M. (2012). How to determine the quality of students' reflections. *Studies in Higher Education, 37*(2), 203-217.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.* Washington, DC: National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education.* Washington, DC: National Academies Press.

Nurnberg, D. (2017). *Writing-to-learn in high-school chemistry: The effects of using the science writing heuristic to increase scientific literacy* (Doctor of Philosophy's thesis). San Francisco: University of San Francisco.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2013). *PISA 2015 data science framework.* N.P.: n.p.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2017). *Proficiency scale construction.* Retrieved August 16, 2018, from https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2015-Technical-Report-Chapter-15-Proficiency-Scale-Construction.pdf

Pedaste, M., Maeots, M., & Siiman, L. A. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 2015*(14), 47–61.

Poock, J. R., Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2007). Using the science writing heuristic in the general chemistry laboratory to improve students' academic performance. *Journal of Chemical Education, 84*(8), 1371-1379.

Rudd, A. J., Greenbowe, J. T., & Hand, M. B. (2007). Using the science writing heuristic to improve students' understanding of general equilibrium. *Journal of Chemical Education, 84*(12), 2007-2011.

Tucel, T. S. (2016). *Exploring the effects of science writing heuristic (SWH) approach on the eight grade students' achievement, metacognition and epistemological beliefs* (Doctor of Philosophy's thesis). Iowa: University of Iowa.

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

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิคม นาคอ้าย
   ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์
   อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิติยา บงกชเพชร
   อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
4. นางสาวมะลิวัลย์ ไชยโย
   ครู ระดับ คศ.3 วิทยฐานครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเชียงกลาง "ประชาพัฒนา"
   อำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน

**ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้**

**แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

.....

รายวิชาเพิ่มเติม เคมี 4 รหัสวิชา ว32224 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ เวลาเรียน 36 ชั่วโมง

เรื่อง พอลิเมอร์ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

เรื่องย่อย โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ เวลาเรียน 3 ชั่วโมง

ผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ นายพีรภาส ถุงเสน โรงเรียนเชียงกลาง "ประชาพัฒนา"

---

**คำชี้แจง**

โปรดพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ว่ามีความเหมาะสมที่เกี่ยวข้องในด้านต่าง ๆ ตามที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง "ระดับของความเหมาะสม" ตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 5 | หมายถึง | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก |
| 3 | หมายถึง | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย |
| 1 | หมายถึง | แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด |

| ข้อ | รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | **จุดประสงค์การเรียนรู้** | | | | | |
| | 1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน | | | | | |
| | 1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะ/กระบวนการ ตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน | | | | | |
| | 1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านจิตพิสัยของนักเรียนได้อย่างชัดเจน | | | | | |
| | 1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 2 | **กระบวนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | |
| | 2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | | | | | |
| | 2.2 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ | | | | | |
| | 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาสาสตร์ได้ | | | | | |
| | 2.4 เป็นกิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง | | | | | |
| | 2.5 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม | | | | | |
| 3 | **เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล** | | | | | |
| | 3.1 รายการแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนมีความสอดคล้องต่อการเก็บข้อมูลสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | | | | | |

| ข้อ | รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 3.2 ข้อคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ | | | | | |
| | 3.3 ใบกิจกรรมมีรูปแบบการบันทึกข้อมูลการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อนักเรียนในการทำกิจกรรม | | | | | |
| | 3.4 สถานการณ์และกิจกรรมการทดลองที่ใช้ในใบกิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | | | | | |
| 4 | **การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้** | | | | | |
| | 4.1 วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องต่อผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| | 4.2 เกณฑ์การวัดและประเมินผลของแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนมีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ทุกตัวบ่งชี้ | | | | | |
| | 4.3 เกณฑ์การวัดและประเมินผลของใบกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกตัวบ่งชี้ | | | | | |
| | 4.4 เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและเหมาะสม | | | | | |
| 5 | **สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้** | | | | | |
| | 5.1 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | |
| | 5.2 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ได้ | | | | | |

| ข้อ | รายการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 5.3 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะ/กระบวนการตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ | | | | | |
| | 5.4 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน | | | | | |

**ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม**

ด้านเนื้อหาสาระ

.....

.....

.....

.....

ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ด้านการวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

ด้านอื่น ๆ (โปรดระบุ)

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้ประเมิน

(.....)

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

## ภาคผนวก ค ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

**ตาราง 34 แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์**

| ข้อ | รายการ | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ | | | รวม | ค่าเฉลี่ย | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1. | จุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | |
| | 1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะ/กระบวนการ ตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านจิตพิสัยของนักเรียนได้อย่างชัดเจน | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| 2. | **กระบวนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | |
| | 2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | 4 | 5 | 5 | 14 | 4.67 | มากที่สุด |
| | 2.2 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ | 5 | 5 | 5 | 15 | 5 | มากที่สุด |

ตาราง 34 (ต่อ)

| ข้อ | รายการ | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ | | | รวม | ค่าเฉลี่ย | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| | 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาสาสตร์ได้ | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 2.4 เป็นกิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง | 4 | 4 | 5 | 13 | 4.33 | มาก |
| | 2.5 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม | 4 | 4 | 5 | 13 | 4.33 | มาก |
| 3. | **เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล** | | | | | | |
| | 3.1 รายการแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนมีความสอดคล้องต่อการเก็บข้อมูลสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | 4 | 4 | 5 | 13 | 4.33 | มาก |
| | 3.2 ข้อคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้สามารถทำให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ | 5 | 4 | 4 | 13 | 4.33 | มาก |
| | 3.3 ใบกิจกรรมมีรูปแบบการบันทึกข้อมูลการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อนักเรียนในการทำกิจกรรม | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 3.4 สถานการณ์และกิจกรรมการทดลองที่ใช้ในใบกิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |

ตาราง 34 (ต่อ)

| ข้อ | รายการ | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ | | | รวม | ค่าเฉลี่ย | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 4. | **การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้** | | | | | | |
| | 4.1 วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องต่อผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ | 4 | 5 | 5 | 14 | 4.67 | มากที่สุด |
| | 4.2 เกณฑ์การวัดและประเมินผลของแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนมีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ทุกตัวบ่งชี้ | 4 | 4 | 5 | 13 | 4.33 | มาก |
| | 4.3 เกณฑ์การวัดและประเมินผลของใบกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกตัวบ่งชี้ | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 4.4 เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและเหมาะสม | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| 5. | **สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้** | | | | | | |
| | 5.1 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้ | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 5.2 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| | 5.3 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะ/กระบวนการตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |

**ตาราง 34 (ต่อ)**

| ข้อ | รายการ | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ | | | รวม | ค่าเฉลี่ย | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| | 5.4 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้ มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | มาก |
| รวมค่าเฉลี่ย | | | | | | 4.19 | มาก |

จากผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แสดงผลประเมินโดยสรุปดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ มีผลการประเมินความเหมาะสม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 (มีความเหมาะสมมาก)
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2) เรื่อง ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทพลาสติก มีผลการประเมินความเหมาะสม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 (มีความเหมาะสมมาก)
3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3) เรื่อง ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทเส้นใย มีผลการประเมินความเหมาะสม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 (มีความเหมาะสมมาก)
4. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4) เรื่อง ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ประเภทยาง มีผลการประเมินความเหมาะสม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 (มีความเหมาะสมมากที่สุด)

## ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาสาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชาเพิ่มเติม เคมี 4 รหัสวิชา ว32224 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ เวลาเรียน 36 ชั่วโมง

เรื่อง พอลิเมอร์ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

เรื่องย่อย โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ เวลาเรียน 3 ชั่วโมง

ผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ นายพีรภาส ถุงเสน โรงเรียนเชียงกลาง "ประชาพัฒนา"

---

1. **ผลการเรียนรู้**

อธิบายการเกิดพอลิเมอร์และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้

2. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

**ด้านความรู้**

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้
2. ระบุโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

**ด้านทักษะ/กระบวนการ** (ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์)

1. ทดสอบและสืบค้นข้อมูล แล้วแปลงข้อมูลที่ต้องการนำเสนอในรูปแบบของการเขียน
2. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผลที่เกี่ยวกับเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ได้

3. ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล เพื่อสนับสนุนข้อสรุปในเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้

4. แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นในเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้

5. ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับในเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้

**ด้านจิตพิสัย**

1. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย ในขณะทำกิจกรรมเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ได้ในระดับดี

2. นักเรียนให้ความร่วมมือกันในกลุ่ม เพื่อทำกิจกรรมเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ได้ในระดับดี

3. นักเรียนสามารถยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ภายหลังจากการทำกิจกรรมเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ได้ในระดับดี

**คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1. ส่งงานตรงต่อเวลา
2. ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
3. ทำงานกับเพื่อนในกลุ่มได้เป็นอย่างดี

**3. สาระสำคัญ**

โครงสร้างของพอลิเมอร์เป็นผลมาจากลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างกันของมอนอเมอร์ โดยโครงสร้างพอลิเมอร์สามารถจำแนกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ พอลิเมอร์แบบเส้น พอลิเมอร์แบบกิ่ง และพอลิเมอร์แบบร่างแห โดยที่โครงสร้างของพอลิเมอร์ที่แตกต่างกันนั้น จะส่งผลทำให้พอลิเมอร์มีสมบัติที่แตกต่างกันไปด้วย โดยโครงสร้างพอลิเมอร์แบบต่าง ๆ จะมีลักษณะและสมบัติดังนี้

1. พอลิเมอร์แบบเส้น เกิดจากมอนอเมอร์ที่ต่อกันเป็นสายยาว โดยสายของพอลิเมอร์เหล่านี้มีการเรียงตัวอยู่ชิดกันมาก มีจุดหลอมเหลวสูง แข็ง ขุ่น เหนียว และมีความหนาแน่นสูง เช่น พีวีซี, พอลิสไตรีน, พอลิเอทิลีน เป็นต้น

2. พอลิเมอร์แบบกิ่ง เกิดจากมอนอเมอร์ที่ต่อกันเป็นสายยาวที่มีกิ่งก้านสาขา โดยกิ่งก้านเหล่านี้จะเป็นสิ่งขัดขวางทำให้สายของมอนอเมอร์ไม่สามารถเข้ามาเรียงตัวอยู่ชิดกันได้ มีจุดหลอมเหลวต่ำ โครงสร้างเปลี่ยนรูปร่างได้ ง่ายเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีความหนาแน่นและความเหนียวต่ำ เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

3. พอลิเมอร์แบบร่างแห เกิดจากมอนอเมอร์ที่มาต่อกันเป็นร่างแห ถ้ามีพันธะที่เชื่อมระหว่างสายโซ่อยู่น้อยก็จะยืดหยุ่นได้มากแต่หากมีมากก็จะแข็ง ไม่ยืดหยุ่น มีความแข็งแกร่ง และเปราะหักง่าย ใช้สำหรับทำถ้วยชาม เช่น เบกาไลต์, เมลามีน เป็นต้น

4. **กระบวนการจัดการเรียนรู้** (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์)

**ขั้นที่ 1 ขั้นการกำหนดปัญหา/คำถาม** (Beginning idea) 20 นาที

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการนำเสนอวัสดุบางอย่างที่มีความเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งครูเลือกนำเสนอคือ ขวดพลาสติก โดยให้นักเรียนทำการสัมผัสและอภิปรายถึงลักษณะของขวดพลาสติกเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะมีความแตกต่างกันอย่างไร เช่น สี รูปทรง ความหนาหรือบาง เป็นต้น

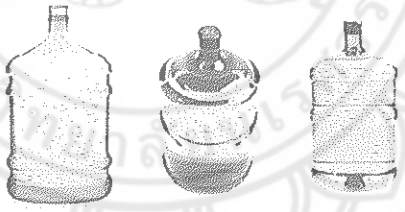
2. ครูทำการอธิบายถึงตัวอย่างวัสดุที่เป็นขวดพลาสติกจำนวน 2 ชนิด เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องที่จะศึกษาเนื้อหาที่กล่าวโดยสรุป ดังนี้

"ขวดน้ำพลาสติกที่เราใช้ในชีวิตประจำวันมีหลากหลายชนิด เช่น ชนิดขุ่น หรือชนิดใส ซึ่งเราจะเลือกชนิดของขวดพลาสติกมาใช้งานให้ตรงกับคุณสมบัติของสสารหรือสิ่งที่บรรจุลงในขวดเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน การจัดเก็บ และการคำนึงถึงความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม" ซึ่งประกอบไปด้วยขวดน้ำพลาสติกชนิดต่าง ๆ ได้แก่

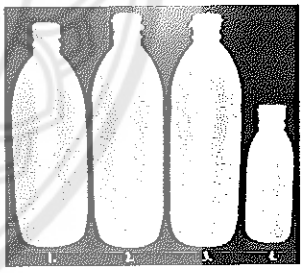
**ตัวอย่างขวดพลาสติก**

2.1 ขวดพลาสติกชนิดขุ่น

ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิโพรพีลีน (PP)

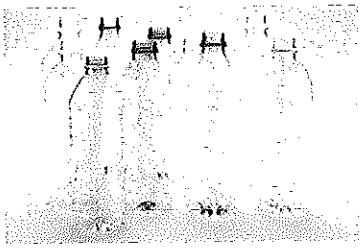


ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิคาร์บอเนต (PC)



ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิเอทิลลีน (PE)

2.2 ขวดพลาสติกชนิดใส



ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิเอทิลลีนเทเรฟทาเลต (PET)

3. ครูตั้งคำถาม เพื่อสำรวจความรู้และประสบการณ์ในการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับพอลิเมอร์ตัวอย่างที่ได้นำเสนอ เช่น

คำถามที่ 1 "จากผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ทั้งหมด 2 ชนิด นักเรียนทราบหรือไม่ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนำไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง"

(แนวคำตอบ)

- ขวดบางประเภทใช้บรรจุสารเคมีที่มีสมบัติเป็นกรดหรือด่าง เช่น น้ำยาล้างห้องน้ำ ครีมอาบน้ำ ฯลฯ

- ขวดบางประเภทใช้บรรจุอาหารประเภทเครื่องดื่ม เช่น น้ำผลไม้ นม น้ำอัดลม ฯลฯ

คำถามที่ 2 "นักเรียนคิดว่าขวดพลาสติกแต่ละประเภทสามารถนำมาบรรจุสารบางชนิดได้เหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด"

(แนวคำตอบ)

- ขวดพลาสติกบางประเภทไม่สามารถนำมาบรรจุสารบางชนิดที่เหมือนกันได้ หรือมีการนำมาใช้งานที่แตกต่างกันออกไป อาจเป็นเพราะขวดพลาสติกบางชนิดมีโครงสร้างและสมบัติที่แตกต่างกัน

4. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างของพอลิเมอร์แต่ละชนิด ซึ่งมีรายละเอียดคือ

- พอลิเมอร์แบบเส้น เกิดจากมอนอเมอร์ที่ต่อกันเป็นสายยาว โดยสายของพอลิเมอร์เหล่านี้มีการเรียงตัวอยู่ชิดกันมาก

- พอลิเมอร์แบบกิ่ง เกิดจากมอนอเมอร์ที่ต่อกันเป็นสายยาวที่มีกิ่งก้านสาขา โดยกิ่งก้านเหล่านี้จะเป็นสิ่งขัดขวางทำให้สายของมอนอเมอร์ไม่สามารถเข้ามาเรียงตัวอยู่ชิดกันได้

- พอลิเมอร์แบบร่างแห เกิดจากมอนอเมอร์ที่ต่อกันเป็นร่างแห ถ้ามีพันธะที่เชื่อมระหว่างสายโซ่อยู่น้อยก็จะยืดหยุ่นได้มากแต่หากมีมากก็จะแข็ง

5. นักเรียนร่วมกันกำหนดคำถามเริ่มต้นก่อนทำกิจกรรม

"ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของพอลิเมอร์กับสมบัติของพอลิเมอร์เป็นอย่างไร และส่งผลต่อการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือไม่"

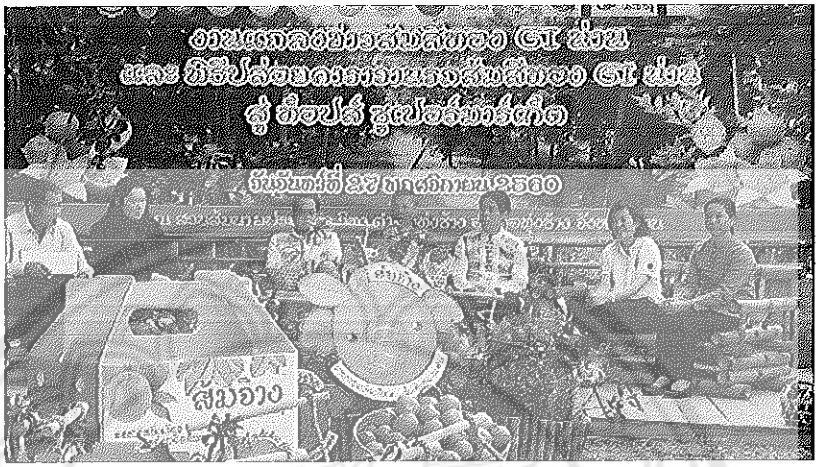
(เป็นการตั้งคำถามก่อนปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งคำตอบจะหาได้จากการทดสอบ)

6. ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียน เช่น

**สถานการณ์**

เปิดตัวแล้ว..ส้มสีทอง GI น่าน ผู้ว่าฯ นำทีมคิกออฟส่งตรงขึ้นห้างฯ ล็อตแรก

เผยแพร่: 27 พ.ย. 2560 18:09 ปรับปรุง: 27 พ.ย. 2560 18:57 โดย: MGR Online




**ที่มา** : https://mgronline.com/local/detail/9600000119775

ผู้ว่าราชการจังหวัดน่าน ร่วมกับหน่วยงานภายใต้ความร่วมมือของภาครัฐ ภาควิชาการ ภาคเอกชน เกษตรในรูปแบบประชารัฐ จัดงานแถลงข่าวส้มสีทอง GI น่าน สู่ ท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต ที่สวนส้มสีทองอำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน เพื่อยกระดับคุณภาพส้มสีทองน่าน โดยให้การสนับสนุนการพัฒนาสินค้าแปรรูปจากผลส้มสีทองให้เป็นเครื่องดื่มน้ำส้มสีทองที่มีคุณภาพมากขึ้น ซึ่งที่ผ่านมาเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าได้เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกที่ไม่เหมาะสมจึงไม่สามารถเก็บน้ำส้มได้เป็นเวลานานและยังทำให้สินค้ามีความเสียหายในขณะทำการขนส่ง ดังนั้นจึงต้องขอความร่วมมือจากภาควิชาการเพื่อมาให้ความรู้กับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าให้มีคุณภาพและมีความปลอดภัยมากขึ้น และให้มีตลาดรองรับผลผลิตที่แน่นอนและมั่นคงต่อไป

7. นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ที่เป็นบทความออนไลน์ แล้วกำหนดคำถามดังนี้

"หากนักเรียนเป็นผู้ผลิตสินค้าน้ำส้มสีทองที่ต้องการเลือกใช้ขวดพลาสติกที่มีความแข็งแรงเหมาะสมต่อการบรรจุน้ำส้มนักเรียนจะเลือกใช้ขวดพลาสติกประเภทใด เพราะเหตุใดจึงเลือกพลาสติกประเภทนี้"

(คำตอบจะเป็นการเสนอแนวคิดของนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้)

**ขั้นที่ 2 ขั้นการทดลอง (Experimentation) 35 นาที**

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 6 คน พร้อมทั้งทำการแจกใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ ให้กับนักเรียนในแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งชี้แจงรายละเอียดการทำกิจกรรมเบื้องต้น เพื่อทำกิจกรรมการทดสอบตัวอย่างขวดพลาสติกที่นำเสนอ

2. ครูแนะแนวทางให้นักเรียนทราบถึงวิธีการทดสอบคุณสมบัติของพอลิเมอร์ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น การทดสอบความแข็งแรง การทดสอบความยืดหยุ่น หรือ การทดสอบการทนความร้อน

3. นักเรียนทำการออกแบบการทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล ตัวอย่างเช่น

3.1 วางแผนการทำงานการแบ่งงานของสมาชิกในกลุ่ม

3.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น วิธีการทดสอบ เช่น

ลักษณะการลอยตัวในสารเคมีของพอลิเมอร์เพื่อทดสอบความหนาแน่น

ลักษณะหลังการกดหรือบีบ เพื่อทดสอบความแข็งแรง

ลักษณะหลังการดึง บิด หรือพับ เพื่อทดสอบความยืดหยุ่น

ลักษณะร่องรอยหลังจากการใช้ตะปูขีดลงบนเนื้อพลาสติกทดสอบการขีดข่วน

ลักษณะหลังการให้ความร้อน เพื่อทดสอบผลของอุณหภูมิ

3.2 วิธีการบันทึกผล เช่น การสร้างตารางบันทึกผลการทดสอบ

ออกแบบการนำเสนอข้อมูลรูปแบบการเขียน เช่น การเขียนเป็นแผนผัง การเขียนเป็นตารางข้อความ การเขียนบรรยายเป็นข้อความสั้น ๆ

4. ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดสอบตัวอย่างขวดพลาสติก ในเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

**ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต (Observation) 15 นาที**

1. นักเรียนทำการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกตในขณะทำการทดสอบลงในตารางบันทึกผลการทดสอบที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ เช่น

ลักษณะการลอยตัวในสารเคมีของพอลิเมอร์เพื่อทดสอบความหนาแน่น

ลักษณะหลังการกดหรือบีบ เพื่อทดสอบความแข็งแรง

ลักษณะหลังการดึง บิด หรือพับ เพื่อทดสอบความยืดหยุ่น

ลักษณะร่องลอยหลังจากการใช้ตะปูขีดลงบนเนื้อพลาสติก เพื่อทดสอบการขีดข่วน

ลักษณะหลังการให้ความร้อน เพื่อทดสอบผลของอุณหภูมิ

2. ครูเข้าไปให้คำแนะนำในการสังเกตและจดบันทึกโดยใช้คำถามจากสิ่งที่ครูพบเห็นในการทดสอบของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนนั้นได้เก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างครบถ้วน และป้องกันความผิดพลาดขณะทำการทดลอง

**ขั้นที่ 4 การลงข้อสรุป** (Claim) 20 นาที

1. นักเรียนนำผลที่ได้มาจากการทดสอบและจากการสังเกตนำมาวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล โดยแปลงข้อมูลที่ได้นั้นไม่ว่าจะเก็บข้อมูลมาในรูปแบบของตัวเลข หรือ การบันทึกภาพ หรือการบันทึกข้อความ ให้อยู่ในรูปแบบการเขียนสรุปผลการทดสอบ เพื่อสร้างข้อสรุปที่สอดคล้องกับผลการทดสอบ

1.1 นักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจากการทำการทดสอบในกลุ่มตน มาวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล เพื่อเขียนและเรียบเรียงข้อมูลในแบบของตนเอง

1.2 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล ที่จะมาสร้างข้อสรุปของตนเองลงในใบกิจกรรมให้สมบูรณ์และครบถ้วน

2. ให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยการพูดคุยกันในกลุ่ม เพื่อสร้างคำอธิบายที่จะสามารถตอบคำถามที่ตั้งไว้ในตอนเริ่มต้นได้ ซึ่งเป็นการตอบคำถามในเบื้องต้น

ซึ่งคำถามเริ่มต้นของกิจกรรมคือ

"ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของพอลิเมอร์กับสมบัติของพอลิเมอร์เป็นอย่างไร และส่งผลต่อการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือไม่"

(แนวคำตอบ)

ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์จะมีผลต่อการนำผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ไปใช้งาน เนื่องจากการที่มอนอเมอร์สร้างพันธะและเชื่อมต่อที่ไม่เหมือนกันจะทำให้สมบัติของพอลิเมอร์ต่างกันออกไป เช่น พอลิเมอร์แบบเส้น เกิดจากมอนอเมอร์สร้างพันธะโคเวเลนต์เป็นโซ่ยาวเรียงชิดติดกัน ตัวอย่างพอลิโพรพิลีน จึงทำให้มีความแข็งแรง มีลักษณะขุ่นและเหนียว และสามารถทดความร้อนได้ดี เป็นต้น

3. ทำการปรึกษาและแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยการพูดคุยกันภายในกลุ่ม เพื่อตอบคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

**ขั้นที่ 5 การระบุประจักษ์พยาน** (Evidence) 15 นาที

ให้นักเรียนระบุถึงประจักษ์พยานที่ได้จากการทดสอบ โดยการเขียนอธิบายเป็นข้อความและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง และเน้นการนำผลที่ได้จากการทดลองมาสนับสนุนในการตอบคำถามเริ่มต้นและคำถามจากสถานการณ์เป็นหลัก เช่น

(แนวคำตอบ)

ระบุประจักษ์พยาน ของการสังเกตการลอยและการจมของตัวอย่างผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ในสารละลาย 3 ชนิด

การลอยและจมของตัวอย่างพลาสติกในแอลกอฮอล์ น้ำ และน้ำเกลืออิ่มตัวทำให้ทราบถึง ความหนาแน่นโดยประมาณของพอลิเมอร์ ซึ่งตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ลอยในของเหลวทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.76 $g/cm^3$ ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่จมในเอทานอลแต่ลอยน้ำมีความหนาแน่นระหว่าง 0.79–1.00 $g/cm^3$ ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.00-1.20 $g/cm^3$ ส่วนสำหรับตัวอย่างพอลิเมอร์ที่จมในของเหลวทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นมากกว่า 1.20 $g/cm^3$

**ขั้นที่ 6 ขั้นการสังเคราะห์และการโต้แย้ง** (Synthesis and Argumentation) 45 นาที

1. ให้นักเรียนได้ทำการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งที่มาต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียนรู้เพิ่มเติม เอกสารใบความรู้ หรืออินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาสนับสนุนหลักฐานและข้อสรุปในกลุ่มตนเองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยครูได้มีการนำเสนอแหล่งข้อมูลบางอย่างให้กับนักเรียน เช่น

- หนังสือเรียน

ธีระพล วงศ์ชนะพิบูลย์. (2556). *เคมีพอลิเมอร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อโนดาษ์ รัชเวทย์. (2555). *พอลิเมอร์(POLYMER) (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: ดี.เค.บุ๊คดิสทริบิว.

- เอกสารประกอบการเรียน

เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์

2. ครูแจกกระดาษปรู๊ฟให้นักเรียนเขียนรายละเอียดข้อมูลทั้งหมดที่จะนำเสนอ ตามที่นักเรียนได้ทำการออกแบบไว้ข้างต้น

3. ให้นักเรียนนำข้อมูลทั้งหมดออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อนำมาเปรียบเทียบแนวคิดและผลการทดลองกับเพื่อน ๆ กลุ่มอื่น

3.1 นักเรียนจะต้องนำเสนอตั้งแต่ผลการทดสอบและข้อสรุปของกลุ่มตนเอง รวมทั้งการตอบคำถามเริ่มต้นและสถานการณ์ที่กำหนดให้

3.2 การนำเสนอครูจะจัดให้แต่ละกลุ่มอยู่กระจายกันตามมุมห้อง โดยจะนำกระดาษปรู๊ฟของกลุ่มนักเรียนไปติดประจำจุดที่กำหนด แล้วนักเรียนทุกคนในชั้นเรียนเดินชมและจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของเพื่อนต่างกลุ่ม

4. ครูเริ่มการบันทึกเทปวิดีโอและมีการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมในขณะที่กำลังปฏิบัติกิจกรรม จนสิ้นสุดกิจกรรมของการนำเสนอ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการประเมินที่แสดงถึงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

5. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมดังกล่าวเสร็จครูจะให้เวลานักเรียนได้เรียบเรียงข้อมูลทั้งหมดที่ได้ทำการแลกเปลี่ยนความรู้กันในชั้นเรียน

6. ครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและมีการโต้แย้งกันในชั้นเรียนที่เกี่ยวกับคำถามที่เป็นประเด็นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยในระหว่างการพูดคุยนักเรียนจะมีการจดบันทึกด้วย

6.1 นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นและโต้แย้งโดยนำเสนอคำกล่าวอ้างที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (หลักฐาน)

6.2 นักเรียนจะต้องรับฟังความคิดเห็นและข้อโต้แย้งจากเพื่อน ๆ รวมทั้งแยกแยะข้อโต้แย้งต่าง ๆ ที่ถูกกล่าวขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเสนอคำกล่าวอ้างที่มาจากหลักฐานการทดสอบกับคำกล่าวหรือข้อโต้แย้งที่มาจากประสบการณ์ของบุคคล

6.3 เมื่อทำการแสดงความคิดเห็นและการโต้แย้งเสร็จแล้ว นักเรียนจะต้องมีการประเมินข้อโต้แย้งที่เพื่อน ๆ ได้กล่าวถึงว่ามีความสอดคล้องกับประจักษ์พยานหรือไม่ และมีการยอมรับหรือไม่ยอมรับอย่างไร

7. ครูขยายความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ กล่าวสรุปคือ นอกจากโครงสร้างของพอลิเมอร์จะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพแล้ว มวลโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่ของพอลิเมอร์ก็มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ด้วย กล่าวคือ พอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลสูงและมีโครงสร้างแบบเส้นจะมีความเหนียว ส่วนพอลิเมอร์ที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่แต่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ฟังก์ชัน หรือยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอวาลส์จะมีจุดหลอมเหลวสูง พอลิเมอร์ที่โซ่เรียงชิดติดกันมากจะมีความหนาแน่นและมีความเป็นผลึกสูง จึงมีความแข็งแรง อากาศหรือน้ำผ่านไม่ได้ รวมทั้งมีลักษณะขุ่นและทึบแสง

**ขั้นที่ 7 การสะท้อนความคิด** (Reflection) 10 นาที

1. นักเรียนสำรวจการทำกิจกรรมทั้งหมดในใบกิจกรรม เพื่อซักถามข้อสงสัยเพิ่มเติมในการทำกิจกรรม หรือมีคำถามอื่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองแต่ยังไม่ได้คำตอบจากการทำกิจกรรม

2. นักเรียนทำการสำรวจแนวคิดของตนเองว่าหลังจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ว่านักเรียนมีแนวคิดที่แตกต่างไปจากเดิมอย่างไร มีแนวคิดที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่พร้อมเหตุผล

- แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนไปจากเดิมเพราะอะไร โปรดระบุเหตุผล
- แนวคิดของนักเรียนไม่เปลี่ยนไปจากเดิมเพราะอะไร โปรดระบุเหตุผล

ขั้นที่ 8 การเขียน (Writing) 20 นาที

1. ให้นักเรียนเขียนอธิบายความเข้าใจของตนเอง และแสดงแนวคิดหลักบนพื้นฐานของผลการทดลอง และประจักษ์พยานต่างๆ ที่ได้จากการสืบค้นที่มีอยู่ เพื่อเป็นการนำเสนอข้อมูลทั้งหมด โดยจะต้องมีการเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาที่เรียน เพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนเริ่มต้น ซึ่งเป็นการเขียนรายงานผลการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

2. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

5. การประเมินผลการเรียนรู้

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|---|---|
| **ด้านความรู้** | | | |
| 1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้ | - ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | - ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | - ตอบคำถามผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 |
| 2. ระบุโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง | - ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | - ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | - ตอบคำถามผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 |

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|---|---|
| **ด้านทักษะ/กระบวนการ** (ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์) | | | |
| 1. ทดสอบและสืบค้นข้อมูล แล้วแปลงข้อมูลที่ต้องการนำเสนอในรูปแบบของการเขียนได้ | - ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- ประเมินการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ผ่านเกณฑ์ในระดับผ่าน (Progressing) |
| 2. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผลที่เกี่ยวกับเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ได้ | - ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- ประเมินการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ผ่านเกณฑ์ในระดับผ่าน (Progressing) |
| 3. ระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยาน และเหตุผล เพื่อสนับสนุนข้อสรุปในเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้ | - ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- ประเมินการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ผ่านเกณฑ์ในระดับผ่าน (Progressing) |

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|---|---|
| **ด้านทักษะ/กระบวนการ** (ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ) | | | |
| 4. แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นในเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้ | - ตรวจใบกิจกรรมเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- ประเมินการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ผ่านเกณฑ์ในระดับผ่าน (Progressing) |
| 5. ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาต่าง ๆ เช่น วารสาร หนังสือ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ในเรื่องโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ | - ตรวจใบกิจกรรมเรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- ประเมินการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์<br>- แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน | - ผ่านเกณฑ์ในระดับผ่าน (Progressing) |
| **ด้านจิตพิสัย** | | | |
| 1. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย ในขณะปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้ในระดับดี | - สังเกตและประเมินด้านจิตพิสัยของนักเรียนระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ | - แบบประเมินการสังเกตด้านจิตพิสัย | - นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายผ่านเกณฑ์ในระดับดี |

| จุดประสงค์ | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|---|---|
| **ด้านจิตพิสัย** | | | |
| 2. นักเรียนให้ความร่วมมือกันในกลุ่ม เพื่อทำการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้ในระดับดี | - สังเกตและประเมินด้านจิตพิสัยของนักเรียนระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ | - แบบประเมินการสังเกตด้านจิตพิสัย | - นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายผ่านเกณฑ์ในระดับดี |
| 3. นักเรียนสามารถยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นภายหลังการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้ในระดับดี | - สังเกตและประเมินด้านจิตพิสัยของนักเรียนระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ | - แบบประเมินการสังเกตด้านจิตพิสัย | - นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายผ่านเกณฑ์ในระดับดี |

6. **สื่อและแหล่งการเรียนรู้**

- ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์
- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- **หนังสือเรียนเพิ่มเติม จำนวน 2 เล่ม**
  - O พอลิเมอร์ (Polymer) โดย อโนดาษ์ รัชเวทย์ (2555)
  - O เคมีพอลิเมอร์ โดย ธีระพล วงศ์ชนะพิบูลย์ (2556)
- เอกสารประกอบการเรียนรู้ เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์
- ชุดอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้สำหรับทดสอบ เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์
- คอมพิวเตอร์พร้อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จำนวน 3 เครื่อง

- ห้องสมุดโรงเรียน
- ห้องเรียนวิทยาศาสตร์

**7. แหล่งอ้างอิง**

ธีระพล วงศ์ชนะพิบูลย์. (2556). *เคมีพอลิเมอร์* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อโนดาษ์ รัชเวทย์. (2555). *พอลิเมอร์ (POLYMER)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ดี.เค.บุ๊ค ดิสทริบิว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.

**ภาคผนวก จ ตัวอย่างใบกิจกรรมการเรียนรู้ ในเรื่องพอลิเมอร์**

**ใบกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์**

รายชื่อ.....เลขที่.....ชั้น/ห้องเรียน.....

**คำชี้แจง** : ให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจในปฏิบัติกิจกรรมการทดลองที่กำหนดให้ต่อไปนี้ แล้วทำการเขียนหรือจดบันทึกตามข้อคำสั่งที่กำหนดให้สมบูรณ์ ครบถ้วน รวมทั้งนำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาพิจารณาสถานการณ์และใช้ในการตอบคำถามให้ถูกต้อง

**บทนำ**

พอลิเมอร์ที่นำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ อย่างเช่น ถ้วย จาน ชาม เก้าอี้ รองเท้า ด้ามปากกา ยางลบ ถุงใส่ของและอาหาร ขวดน้ำพลาสติก เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์

พอลิเมอร์ต่างชนิดกันจะมีโครงสร้างและสมบัติที่แตกต่างกัน ในการศึกษาพอลิเมอร์บางชนิดจึงอาจทำได้ด้วยการตรวจสอบสมบัติบางประการ เช่น ความแข็ง ความทนทานต่อการขีดข่วน ความหนาแน่น การละลาย และการเผาไหม้ พอลิเมอร์ต่างชนิดกันเมื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์พลาสติก จะมีความแข็งแรงแตกต่างกัน บางชนิดเมื่อขีดจะเป็นรอยหรือตัดเป็นชิ้นได้ง่าย บางชนิดใช้มีดกรีดจะมีรอยเล็กน้อยหรือไม่มีรอยเลย ส่วนความสามารถของการละลายในตัวทำละลายจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย ซึ่งพลาสติกส่วนใหญ่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน โทลูอีน ไซลีน จึงไม่ควรใช้ภาชนะพลาสติกบรรจุตัวทำละลายเหล่านี้ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาวิธีการตรวจสอบสมบัติของพอลิเมอร์อย่างง่าย ๆ จากการทดสอบในกิจกรรมต่อไปนี้

**คำถามเริ่มต้นของกิจกรรม**

.....

.....

.....

.....

**สารเคมีและอุปกรณ์**

| รายการ | ต่อ 1 กลุ่ม |
|---|---|
| **สารเคมี** | |
| 1. น้ำเปล่า | 40 $cm^3$ |
| 2. เอทานอล 95 % | 20 $cm^3$ |
| 3. น้ำเกลืออิ่มตัว | 20 $cm^3$ |
| **อุปกรณ์** | |
| 1. ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิโพรพีลีน (PP) | 2 ชิ้น |
| 2. ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิคาร์บอเนต (PC) | 2 ชิ้น |
| 3. ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลลีน (LDPE) ชนิดความหนาแน่นต่ำ | 2 ชิ้น |
| 4. ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลลีน (HDPE) ชนิดความหนาแน่นสูง | 2 ชิ้น |
| 5. ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลลีนเทเรฟทาเลต (PET) | 2 ชิ้น |
| 6. ชิ้นส่วนแก้วเมลามีน | 2 ชิ้น |
| 7. บีกเกอร์ขนาด 50 $cm^3$ | 4 ใบ |
| 8. กระจกนาฬิกา | 2 อัน |
| 9. ปากคีบ | 1 อัน |
| 10. แท่งแก้วคนสาร | 2 อัน |
| 11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ | 1 ชุด |
| 12. กรรไกร | 1 อัน |
| 13. ตะปู ขนาด 2 นิ้ว | 1 อัน |

**วิธีการปฏิบัติกิจกรรม**

ให้นักเรียนทำการตรวจสอบคำถามเริ่มต้น โดยการเขียน เช่น

- การกำหนดจุดประสงค์ในการทดสอบ
- การตั้งข้อสันนิษฐานการทดสอบ

ร่วมกันวางแผนในการปฏิบัติกิจกรรมตรวจสอบตัวอย่างพอลิเมอร์ที่กำหนดให้ โดยการเขียน เช่น

- ออกแบบวิธีการทดสอบตัวอย่างพอลิเมอร์
- ออกแบบวิธีการเก็บรวมรวมข้อมูลและบันทึกข้อมูลการค้นพบ
- ออกแบบการนำเสนอข้อมูลที่ได้ค้นพบในรูปแบบการเขียน

ทำการทดสอบตัวอย่างพอลิเมอร์ดังนี้

**การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างพอลิเมอร์**

1. จัดเตรียมชิ้นส่วนตัวอย่างพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ต่อไปนี้
   - ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิโพรพีลีน (PP)
   - ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิคาร์บอเนต (PC)
   - ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลลีน (PE) ทั้งชนิดความหนาแน่นต่ำและความหนาแน่นสูง
   - ขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลลีนเทเรฟทาเลต (PET)
   - ชิ้นส่วนแก้วเมลามีน
2. ตัดพอลิเมอร์ตัวอย่างแต่ละชนิดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 2 เซนติเมตร
3. ทดสอบความแข็งของตัวอย่างพอลิเมอร์โดยการกดหรือบีบ ทดสอบความยืดหยุ่นโดยการดึง บิดหรือพับ ทดสอบการขีดข่วนโดยใช้ตะปูขีดลงบนผิวเนื้อตัวอย่างพอลิเมอร์ สังเกต และบันทึกผล
4. ทดสอบความหนาแน่นของพลาสติก ดังนี้
   4.1 ใส่เอทานอล น้ำ และน้ำเกลืออิ่มตัว อย่างละ 20 $cm^3$ ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 $cm^3$ ใบละชนิด
   4.2 ใส่ชิ้นส่วนตัวอย่างพอลิเมอร์ที่เตรียมไว้ลงไปใน เอทานอล สังเกต และบันทึกผล
   4.3 นำชิ้นส่วนพอลิเมอร์ที่จมในเอทานอลทุกชนิดมาเช็ดให้แห้งแล้วใส่ลงในน้ำ สังเกต และบันทึกผลการทดลอง
   4.4 นำชิ้นพอลิเมอร์ที่จมในน้ำทุกชนิดมาเช็ดให้แห้งแล้วใส่ลงในน้ำเกลืออิ่มตัว สังเกต และบันทึกผล

5. ทดสอบผลของอุณหภูมิของพอลิเมอร์

5.1 ใส่น้ำ ปริมาตร 20 $cm^3$ ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 $cm^3$

5.2 จุดตะเกียงแอลกอฮอล์แล้วนำน้ำที่เตรียมไว้ไปต้มให้เดือด

5.3 ใส่ชิ้นส่วนตัวอย่างพอลิเมอร์ลงไปในน้ำเดือด เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำออกมาวางไว้บนกระจกนาฬิกา ทำการบิดหรืองอตัวอย่างพลาสติก สังเกต และบันทึกผล

6. นำผลที่ได้จากการทดสอบและการสังเกตมาวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล เพื่อสร้างข้อสรุปของตนเองและตอบคำถามเริ่มต้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ โดยนักเรียนจะต้องระบุหลักฐานที่ได้จากการทดสอบและการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนข้อสรุปด้วย

7. ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการทดสอบและการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์มาใช้ในการแก้ปัญหาและตอบคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

8. นำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอและแปลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับเพื่อนร่วมชั้น โดยจะมีการแสดงความคิดเห็นและข้อโต้แย้งภายในชั้นเรียน โดยนักเรียนจะต้องทำการบันทึกข้อความจากการนำเสนอข้อโต้แย้งของเพื่อน เพื่อทำการประเมินข้อโต้แย้ง

9. ให้นักเรียนอธิบายความเข้าใจของตนเองบนพื้นฐานของผลการทดลอง และประจักษ์พยานต่างๆ ที่ได้จากการสืบค้นที่มีอยู่ โดยจะต้องมีการเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาที่เรียน และตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ ตั้งแต่ตอนเริ่มต้น ซึ่งเป็นการเขียนรายงานผลการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

## การบันทึกการทำกิจกรรมการเรียนรู้

1. จุดประสงค์ในการทดสอบตัวอย่างพอลิเมอร์

.....

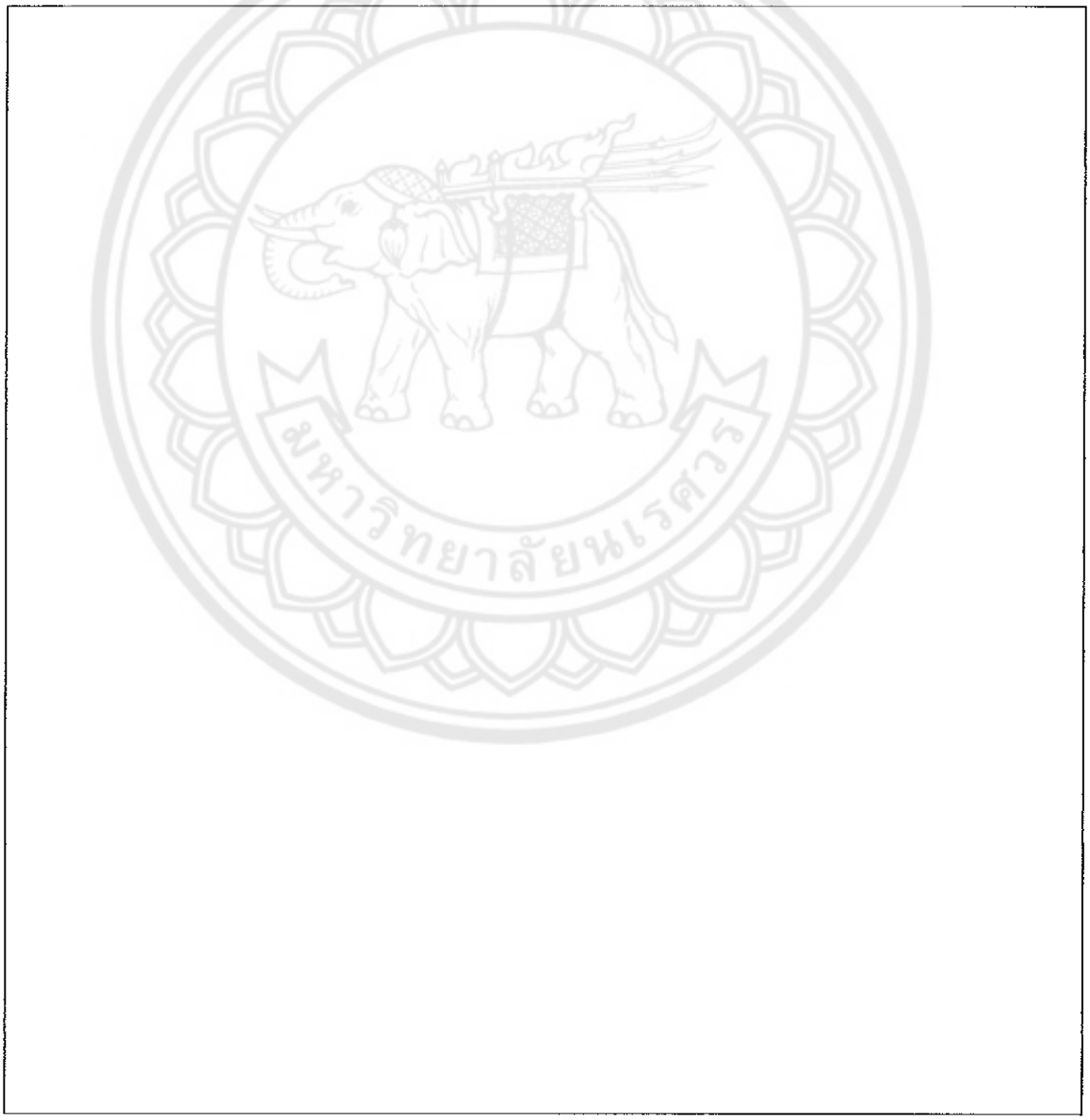
.....

2. ระบุข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์

.....

.....

3. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการบันทึกผลการทดสอบ



**4. ให้นักเรียนเขียนข้อสรุป โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทำการทดสอบ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

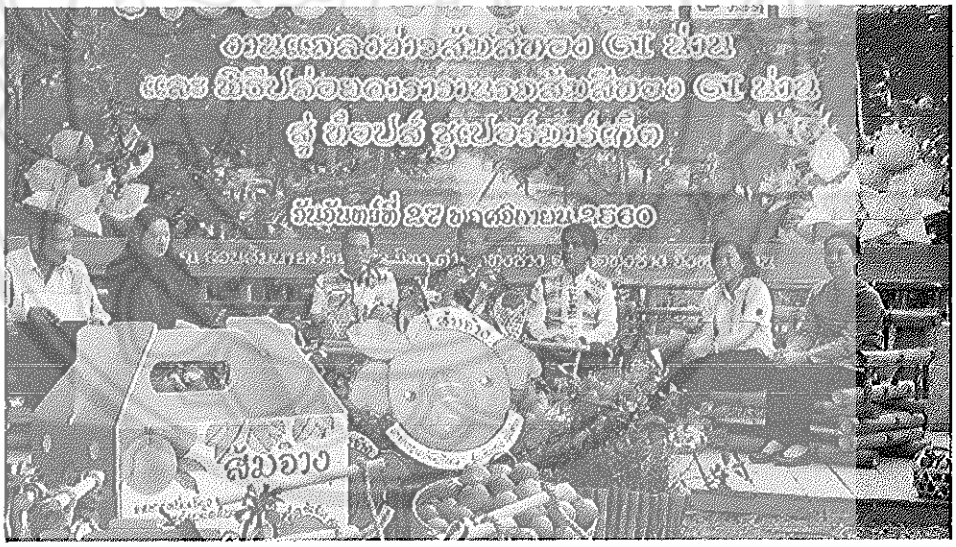
.....

**5. จงใช้ความรู้ที่ได้จากการทดสอบขวดพลาสติกที่ใช้เป็นตัวอย่างพอลิเมอร์ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้**

<u>สถานการณ์</u>

เปิดตัวแล้ว..ส้มสีทอง GI น่าน ผู้ว่าฯ นำทีมคึกออฟส่งตรงขึ้นห้างฯ ล็อตแรก

เผยแพร่: 27 พ.ค. 2560 18:09 ปรับปรุง: 27 พ.ค. 2560 18:57 โดย: MGR Online



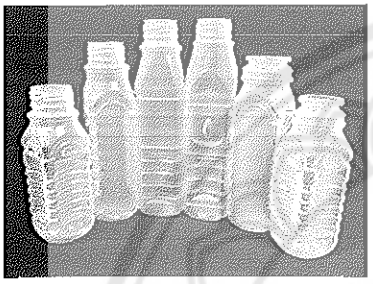

**ที่มา** : https://mgronline.com/local/detail/9600000119775

ผู้ว่าราชการจังหวัดน่าน ร่วมกับหน่วยงานภายใต้ความร่วมมือของภาครัฐ ภาควิชาการ ภาคเอกชน เกษตรในรูปแบบประชารัฐ จัดงานแถลงข่าวส้มสีทอง GI น่าน สู่ ท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต ที่สวนส้มสีทองอำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน เพื่อยกระดับคุณภาพส้มสีทองน่าน โดยให้การสนับสนุนการพัฒนาสินค้าแปรรูปจากผลส้มสีทองให้เป็นเครื่องดื่มน้ำส้มสีทองที่มีคุณภาพมากขึ้น ซึ่งที่ผ่านมาเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าได้เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกที่ไม่เหมาะสมจึงไม่สามารถเก็บน้ำส้ม

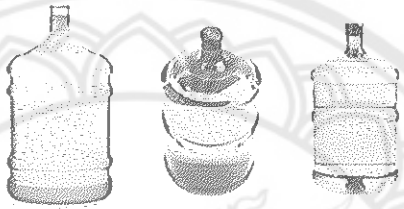
ได้เป็นเวลานานและยังทำให้สินค้ามีความเสียหายในขณะทำการขนส่ง ดังนั้นจึงต้องขอความร่วมมือจากภาควิชาการเพื่อมาให้ความรู้กับเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าให้มีคุณภาพและมีความปลอดภัยมากขึ้น และให้มีตลาดรองรับผลผลิตที่แน่นอนและมั่นคงต่อไป

**ขวดพลาสติกที่ให้เลือกใช้**

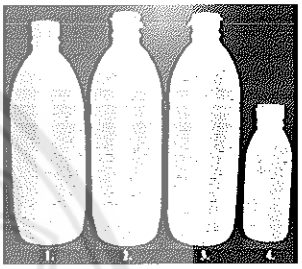
- ขวดพลาสติกชนิดขุ่น



ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิโพรพีลีน (PP)



ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิคาร์บอเนต (PC)



ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิเอทิลลีน (PE)

- ขวดพลาสติกชนิดใส

ขวดพลาสติกที่ทำจาก
พอลิเอทิลลีนเทเรฟทาเลต (PET)

**5.1 ให้นักเรียนระบุปัญหาของจากสถานการณ์ข้างต้น**

.....

.....

.....

.....

5.2 **ให้นักเรียนตอบคำถามของสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ข้อคำถาม**

หากนักเรียนเป็นผู้ผลิตสินค้าน้ำส้มสีทองที่ต้องการเลือกใช้ขวดพลาสติกที่มีความแข็งแรงเหมาะสมต่อการบรรจุน้ำส้มนักเรียนจะเลือกใช้ขวดพลาสติกประเภทใด เพราะเหตุใดจึงเลือกพลาสติกประเภทนี้

| |
|---|
| |

6. **ให้นักเรียนระบุหลักฐานที่ได้มาจากการทดสอบและจากการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่มีความเชื่อมโยงและสอดคล้องการข้อสรุป โดยให้เหตุผลในการสนับสนุน**

| เนื้อความที่สนับสนุนจากเอกสารอ้างอิง | หลักฐาน | การให้เหตุผล |
|---|---|---|
| | | |

7. ให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการศึกษาผลงานและข้อโต้แย้งที่สมาชิกกลุ่มอื่นได้นำเสนอ

| คำกล่าวอ้าง/ข้อมูล (เพื่อนต่างกลุ่ม) | สิ่งที่ใช้สนับสนุนข้อมูล (เพื่อนต่างกลุ่ม) | | เหตุผลที่ใช้สนับสนุน (ของเพื่อนต่างกลุ่ม) | การประเมิน (ยอมรับ/คัดค้าน) |
|---|---|---|---|---|
| | หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ | การพิจารณาจากสิ่งอื่น | | |
| | | | | |

8. ให้นักเรียนระบุแนวคิดของตนว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร พร้อมเหตุผลประกอบ

แนวความคิดเกี่ยวกับ โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

.....

.....

เหตุผล คือ

.....

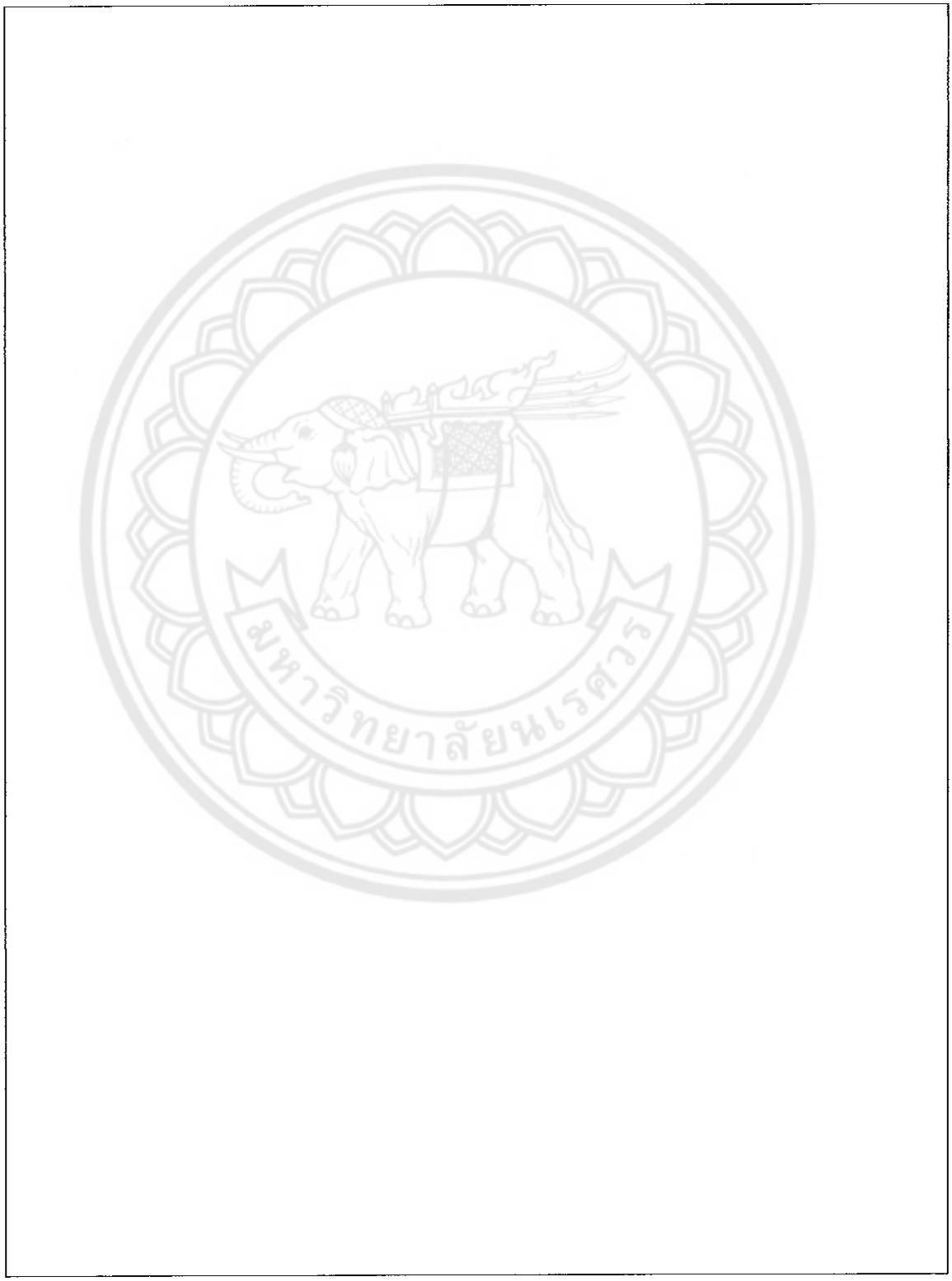
.....

.....

.....

.....

9. นักเรียนอธิบายความเข้าใจของตนเองบนพื้นฐานของผลการทดลอง และประจักษ์พยานต่างๆ ที่ได้จากการสืบค้นที่มีอยู่ โดยจะต้องมีการเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาที่เรียนเพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนเริ่มต้นซึ่งเป็นการเขียนรายงานผลการเรียนรู้ที่สมบูรณ์



## ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างแบบสังเกตสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

**แบบสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแปรความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์**

**(กลุ่มที่ ..... ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/.....)**

**คำชี้แจง :** สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงสมรรถนะการแปรความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ทำทำเครื่องหมายถูกในช่องระดับคะแนนที่เหมาะสมของผู้ประเมินคำอธิบายระดับคะแนน

2 หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องต่อการสังเกตในระดับดี

1 หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องต่อการสังเกตในระดับผ่าน

0 หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องต่อการสังเกตในระดับไม่ผ่าน

| พฤติกรรมที่ต้องการสังเกต | ระดับคะแนน | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| | ดี | ผ่าน | มผ. | |
| **1. ด้านการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น** | | | | |
| นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลที่ได้จากการทดลองและจากการสืบค้นให้อยู่ในรูปแบบการเขียนได้ และสามารถเลือกวิธีการนำเสนอข้อมูลได้ | | | | |
| **2. ด้านการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป** | | | | |
| นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายของชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลองและที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลได้ และสามารถลงข้อสรุปที่เกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ได้ | | | | |
| **3. ด้านการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์** | | | | |
| ใช้ชุดข้อมูลเป็นหลักฐาน เพื่อสนับสนุนข้อสรุปอย่างเหมาะสม และสามารถระบุประจักษ์พยานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ และมีการให้เหตุผลในทางวิทยาศาสตร์ในการใช้ประจักษ์พยาน | | | | |
| **4. แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น** | | | | |
| แยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานกับข้อโต้แย้งที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นได้ เช่น คำกล่าวอ้างที่มาจากประเด็นสังคม หรือคำกล่าวอ้างที่มาจากประสบการณ์ เป็นต้น | | | | |
| **5. ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย** | | | | |
| สามารถประเมินข้อโต้แย้งที่มาจากการกล่าวอ้างของบุคคลอื่นได้ และแสดงการตัดสินใจเลือกที่จะสนับสนุนหรือคัดค้านข้อโต้แย้งที่มาจากแหล่งต่างๆ ได้ | | | | |
| | | | | |

**การบันทึกพฤติกรรมที่แสดงออกถึงสมรรถนะตามตัวบ่งชี้**

| ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ | บันทึกพฤติกรรมนักเรียน |
|---|---|
| **ตัวบ่งชี้ที่ 1 ด้านการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น**<br>- แปลงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผลการทดลอง<br>- แปลงข้อมูลจากตารางบันทึกผลการทดลอง<br>- แปลงข้อมูลจากการสืบค้นจากแหล่งที่มาต่าง ๆ<br>- แปลงข้อมูลเพื่อนำเสนอแนวคิดและความเข้าใจของตนเองหลังการจัดการเรียนรู้ | |
| **ตัวบ่งชี้ที่ 2 ด้านการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป**<br>- การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลจากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ<br>- การลงข้อสรุปที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ | |
| **ตัวบ่งชี้ที่ 3 ด้านการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์**<br>- การระบุข้อสันนิษฐาน<br>- ระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ<br>- การให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนข้อสรุป หรือข้อโต้แย้ง | |
| **ตัวบ่งชี้ที่ 4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น**<br>- ข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยาน<br>- ข้อโต้แย้งที่มาจากประสบการณ์ หรือแนวคิดส่วนตัว<br>- ข้อโต้แย้งที่ไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน | |
| **ตัวบ่งชี้ที่ 5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย**<br>- ระบุแหล่งที่มาของข้อมูล<br>- แสดงการตัดสินใจเลือกยอมรับหรือคัดค้านข้อมูลต่าง ๆ<br>- แสดงเหตุผลถึงการตัดสินใจเลือกยอมรับหรือคัดค้านข้อมูลต่าง ๆ<br>- ประเมินแนวคิดของตนเองเมื่อผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดและและการโต้แย้งเสร็จสิ้น | |

## ภาคผนวก ช ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์

**แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

---

**คำชี้แจง**

แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสื่อความหมายของข้อมูลที่ได้รับเพื่อนำมาสร้างคำอธิบายของตนเองหรือคำกล่าวอ้างที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยาน ที่รวมถึงข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายถึงประเด็นสำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในบริบทที่กำหนดให้ และแบบทดสอบนี้วัดตามตัวบ่งชี้ตามสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ 5 ตัวบ่งชี้ มีจำนวน 10 ข้อ ดังนี้

1. การแปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบอื่น มีจำนวน 2 ข้อ
2. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป มีจำนวน 2 ข้อ
3. ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 2 ข้อ
4. แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น มีจำนวน 2 ข้อ
5. การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย มีจำนวน 2 ข้อ

**คำชี้แจง**

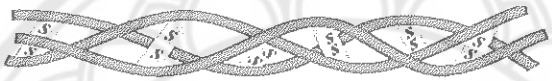
โปรดพิจารณาแบบทดสอบที่แนบมาในแต่ละข้อ เพื่อตรวจการใช้ภาษาและความตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓

ในช่อง + 1 สำหรับข้อความที่เห็นด้วยว่ามีความสอดคล้อง

ในช่อง 0 สำหรับข้อความที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้อง

ในช่อง - 1 สำหรับข้อความที่ไม่เห็นด้วยว่ามีความสอดคล้อง

| ตัวบ่งชี้ที่ | แบบทดสอบ | คะแนนการพิจารณา | | | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | +1 | 0 | -1 | |
| | **จงใช้สถานการณ์** : กระบวนการวัลคาไนเซชัน<br>ตอบคำถามข้อ 9<br>สมบัติสำคัญของยาง คือ มีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งเกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของยางที่มีลักษณะม้วนขดไปมาเป็นวงและบิดเป็นเกลียว โดยมีแรงแวนเดอร์วาลส์ยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่พอลิเมอร์เข้าไว้ด้วยกัน จึงทำให้ยางมีสมบัติด้านทานต่อแรงดึงสูง ทนต่อการขัดถู ยืดหยุ่นได้ดี ไม่ละลายน้ำ แต่จะแข็งและเปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เหนียวและอ่อนตัวเมื่อร้อน และไม่ทนต่อน้ำมันเบนซินและตัวทำละลายอินทรีย์ ทำให้มีสมบัติบางประการที่เป็นข้อจำกัดไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ จึงได้มีการปรับปรุงคุณภาพของยางธรรมชาติที่ได้ด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เพิ่มคุณภาพของยางธรรมชาติ ทำได้โดยการเติมกำมะถันลงไปทำปฏิกิริยากับยาง ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวกระตุ้นที่เหมาะสม เผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 140 °C จะเกิดปฏิกิริยาให้พอลิเมอร์ของสายยางเชื่อมต่อกันได้ด้วยโมเลกุล | | | | |

<table>
<tr><th rowspan="2">ตัวบ่งชี้ที่</th><th rowspan="2">แบบทดสอบ</th><th colspan="3">คะแนนการพิจารณา</th><th rowspan="2">ข้อเสนอแนะ</th></tr>
<tr><th>+1</th><th>0</th><th>-1</th></tr>
<tr><td></td><td>ของกำมะถัน เรียกยางที่ได้นี้ว่า ยางวัลคาไนซ์<br>ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป</td><td>คำถามที่ 9 : หากนำยางวัลคาไนซ์มาทำการทดสอบโดยการดึง เพื่อศึกษาความยืดหยุ่น ดังรูปต่อไปนี้<br>  <br>ก่อนถูกดึง<br> <br>ขณะดึง<br>จงสรุปผลการทดสอบว่ายางควรจะมีลักษณะอย่างไร<br>.....<br>.....<br>.....<br>เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 9)
<table>
<tr><th>คะแนน</th><th>คำตอบ</th></tr>
<tr><td>2</td><td>- ยางที่เติมกำมะถันในปริมาณที่เหมาะสม จะเกิดพันธะโคเวเลนต์ของกำมะถันเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิไอโซพรีนในบางตำแหน่ง เมื่อได้รับแรงกระทำหรือแรงดึง สายโซ่จะไม่เลื่อนหลุดออกจากกันอย่างง่ายดาย</td></tr>
<tr><td>0</td><td>- คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม</td></tr>
</table></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

## ภาคผนวก ซ ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์

ตาราง 35 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

| ข้อที่ | ตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ | | | ผลรวม | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | ระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยานและเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 2 | ระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยานและเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 3 | วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 4 | ระบุข้อสันนิษฐานประจักษ์พยานและเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ | 0 | 1 | 1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |
| 5 | แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 6 | การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 7 | แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 8 | การแปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |

ตาราง 28 (ต่อ)

| ข้อที่ | ตัวบ่งชี้สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ | | | ผลรวม | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 9 | วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |
| 10 | การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | สอดคล้อง |

## ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างแบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์

**แบบทดสอบสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

ชื่อ-สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น ม.5/.....

---

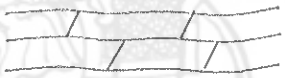
**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบที่จำนวนทั้งหมด 10 ข้อ คะแนนเต็มทั้งหมด 20 คะแนน (ข้อละ 2 คะแนน)
2. ใช้เวลาทำข้อสอบจำนวน 10 ข้อ เป็นเวลา 40 นาที
3. ทำการเขียนคำตอบหรือเลือกตอบด้วย ปากกา *เท่านั้น
4. แบบทดสอบมีทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่
   - 4.1 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้เลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวโดยการวงกลม
   - 4.2 แบบเลือกตอบเชิงซ้อน ให้เลือกอักษรเรียงลำดับและเขียนเหตุประกอบ (ใช่ / ไม่ใช่) ให้วงกลมในข้อความที่เลือก "ใช่" หรือ "ไม่ใช่"
   - 4.3 แบบเขียนตอบ ให้เขียนอธิบายคำตอบหรือให้เหตุผลประกอบคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่างที่กำหนดให้

---

**จงใช้สถานการณ์ : โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ ตอบคำถามที่ 1-2**

หากมองไปรอบ ๆ ตัวจะพบว่าสิ่งของต่าง ๆ ถูกประดิษฐ์หรือถูกทำขึ้นจากพอลิเมอร์เป็นจำนวนมาก ซึ่งพอลิเมอร์เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ที่เกิดจากการรวมตัวกันของสารโมเลกุลขนาดเล็กที่เรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) จำนวนมาก โดยการทำปฏิกิริยาเคมีด้วยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ที่เรียกว่า พอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ที่มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อทำให้มอนอเมอร์เกิดการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนซ์ เกิดเป็นโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแตกต่างกันออกไปทำให้พอลิเมอร์เหล่านั้นมีสมบัติที่แตกต่างกันไปด้วย ตัวอย่างเช่น

| พอลิเมอร์ | โครงสร้าง | การใช้งาน |
|---|---|---|
| ชนิด A (Linear polymer) | | ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมัน ขวดน้ำอัดลม ฟิล์มใสบรรจุอาหาร เส้นใยสังเคราะห์ ฯลฯ |
| ชนิด B (Network polymer) |  | ถ้วย จาน แผงวงจร หูหม้อหรือหูกระทะ ด้ามภาชนะเครื่องครัว ฯลฯ |
| ชนิด C (Branched polymer) | | ใช้ทำฟิล์มห่ออาหารและห่อของ ขวดพลาสติกบางชนิด ถุงพลาสติก ถุงดำสำหรับใส่ขยะ ฯลฯ |
| ชนิด D (Branched polymer) | | ถุงบรรจุสิ่งของที่มีน้ำหนักสูง ถุงบรรจุเสื้อผ้า ,และมักถูกใช้งานที่อุณหภูมิต่ำๆ เช่นบรรจุอาหารแช่เย็น หรือ แช่แข็ง ฯลฯ |

เมื่อนำพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกันมาทดสอบเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ พบว่า

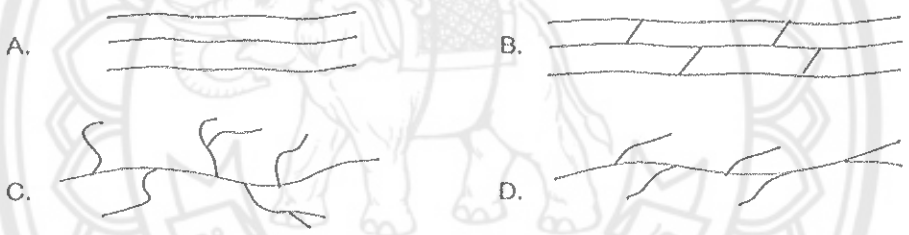
- พอลิเมอร์ที่มีพันธะเชื่อมโยงกันเป็นเส้นยาวหรือเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์หลัก และมีสายโซ่เรียงชิดกันได้มาก เมื่อออกแรงดึงพอลิเมอร์จะยืดออก เมื่อปล่อยแรงโซ่พอลิเมอร์หลักจะหดกลับมาดังเดิม แต่ถ้าจำนวนของพันธะระหว่างโซ่มีมากความยืดหยุ่นได้ของพอลิเมอร์จะลดลง และมีความแข็งเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังทำให้มีความหนาแน่นมากขึ้นด้วย

- สายโซ่พอลิเมอร์มีโซ่กิ่งยาวจะทำให้โซ่พอลิเมอร์จึงอยู่ห่างกันเมื่อออกแรงดึงพอลิเมอร์จะยืดออกและหดกลับได้เมื่อปล่อยแรงแต่ขนาดไม่เท่าเดิม แต่หากสายโซ่พอลิเมอร์มีโซ่กิ่งสั้นจะมีความยืดหยุ่นได้น้อยกว่า แต่มีความเป็นระเบียบมากกว่าทำให้สายโซ่หลักของพอลิเมอร์เรียงชิดกัน

- พอลิเมอร์ที่มีพันธะเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์หลักยึดพอลิเมอร์ไม่ให้เลื่อนจากกันเมื่อได้รับความร้อนสูง ถ้ามีจำนวนพันธะเชื่อมโยงมากจุดหลอมเหลวจะยิ่งสูงมาก

- พอลิเมอร์ที่มีมีพันธะเชื่อมโยงกันเป็นเส้นยาวหรือเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์หลัก จะมีความหนาแน่นสูง เพราะเนื่องจากสายโซ่พอลิเมอร์สามารถเรียงตัวชิดกันได้มาก และสามารถทำให้พอลิเมอร์มีลักษณะขุ่นมากขึ้น

**คำถามที่** 1 : ให้พิจารณาโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่กำหนดให้ พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบใดควรมีความเหนียวมากที่สุด และระบุหลักฐานประกอบ




.....

.....

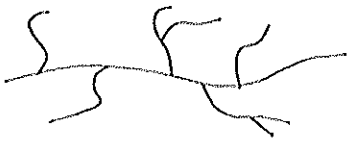
.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 1)**

| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - โครงสร้าง A มีความเหนียวมากที่สุด เพราะจากการทดสอบทำให้ทราบว่าพอลิเมอร์ที่มีพันธะเชื่อมโยงกันเป็นเส้นยาว และมีสายโซ่เรียงชิดกันได้มาก เมื่อออกแรงดึงพอลิเมอร์จะยืดออก เมื่อปล่อยแรงโซ่พอลิเมอร์หลักจะหดกลับมาดังเดิม |
| 1 | - โครงสร้าง A มีความเหนียวมากที่สุด<br>- ไม่แสดงเหตุผล หรือ แสดงเหตุผลไม่สอดคล้อง |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**คำถามที่** 2 : จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงพิจารณาโครงสร้างพอลิเมอร์ ต่อไปนี้

C. 

D.

โครงสร้างพอลิเมอร์ชนิดใดควรมีลักษณะขุ่นมากที่สุด และระบุหลักฐานประกอบ

.....

.....

.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 2)**

| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - โครงสร้าง D มีลักษณะขุ่นมากที่สุด เพราะจากการทดลองทำให้ทราบว่าสายโซ่พอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งสั้นมีความเป็นระเบียบมากกว่าทำให้สายโซ่หลักของพอลิเมอร์เรียงชิดกัน และสายโซ่พอลิเมอร์ที่สามารถเรียงตัวชิดกันได้มาก จะทำให้พอลิเมอร์มีลักษณะขุ่นมากขึ้น |
| 1 | - โครงสร้าง D มีลักษณะขุ่นมากที่สุด<br>- ไม่แสดงเหตุผล หรือ แสดงเหตุผลไม่สอดคล้อง |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**จงใช้สถานการณ์ : การทดสอบสมบัติทางกายภาพบางประการผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ ตอบคำถาม** 3-4

เมื่อนำผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ตัวอย่าง 4 ชนิด มาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพบางประการซึ่งมีการทดสอบความแข็งโดยการกดหรือบีบ ทดสอบความยืดหยุ่นโดยการดึงหรือบิด ทดสอบการขีดข่วนโดยใช้ตะปูขีดลงบนเนื้อพลาสติก และทดสอบความหนาแน่นโดยสังเกตการลอยหรือการจมในสารของเหลว 3 ชนิด

**จากการสังเกตพบว่า**

| ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ | ความแข็ง | ความทนต่อแรงดึง | การเกิดรอยขีดข่วน | การจมหรือลอยตัวของตัวอย่างเมื่อใส่ลงใน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | เอทานอล $d = 0.79\ dm^3$ | น้ำ $d = 1.00\ dm^3$ | น้ำเกลืออิ่มตัว $d = 1.20\ dm^3$ |
| ถุงบรรจุอาหารใส | อ่อน | ยืดเล็กน้อย | เป็นรอย | ลอย | ลอย | ลอย |
| ขวดน้ำชนิดขุ่น | อ่อน | ไม่ยืด | เป็นรอย | จม | ลอย | ลอย |
| ขวดน้ำชนิดใส | แข็ง | ไม่ยืด | เป็นรอย | จม | จม | จม |
| จานเมลามีน | แข็ง | ไม่ยืด | เป็นรอย | จม | จม | จม |

ตาราง : แสดงข้อมูลความหนาแน่นของพอลิเมอร์แต่ละชนิด

| ชนิดพลาสติก | ความหนาแน่น ($g/cm^3$) |
|---|---|
| พอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) | 0.92 – 0.94 |
| พอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) | 0.95 – 0.97 |
| พอลิโพรพิลีน (PP) | 0.90 – 0.91 |
| พอลิสไตรีน (PS) | 1.05 – 1.07 |
| พอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) | 1.12 |
| พอลิเอไมด์ (PA) | 1.1 |
| พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) | 1.16 – 1.35 |
| พอลิคาร์บอเนต (PC) | 1.2 |
| พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) หรือ (PETE) | 1.38 – 1.39 |
| พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (PTFE) | 2.75 |

**ที่มา** : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557). **คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.** กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.

**คำถามที่ 3 : จงสรุปผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพบางประการของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ทั้ง 4 ชนิดนี้**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 3)**

| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - พลาสติกแต่ละชนิดมีความแข็งและความทนต่อแรงดึงแตกต่างกัน โดยที่พลาสติกที่มีเนื้ออ่อนเมื่อขีดด้วยตะปูจะเป็นรอยง่ายกว่าพลาสติกที่มีเนื้อแข็งและลักษณะของรอยจะลึกไม่เท่ากัน อีกทั้งการลอยและจมของพลาสติกในของเหลว 3 ชนิด จะบอกให้ทราบถึงความหนาแน่นโดยประมาณของพลาสติก คือ พลาสติกที่ลอยในของเหลวทั้งสามชนิดจะมีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.79 g/cm$^3$ พลาสติกที่จมในเอทานอลแต่ลอยน้ำมีความหนาแน่น ระหว่าง 0.79–1.00g/cm$^3$ พลาสติกที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.00–1.20 g/cm$^3$ สำหรับพลาสติกที่จมในของเหลวทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นมากกว่า 1.20 g/cm$^3$ |
| 1 | - พลาสติกแต่ละชนิดมีความแข็งและความทนต่อแรงดึงแตกต่างกัน สามารถเกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย และพอลิเมอร์บางชนิดทนต่อแรงดึง อีกทั้งการลอยและจมของพลาสติกในของเหลว 3 ชนิดจะบอกให้ทราบถึงความหนาแน่น โดยที่พลาสติกที่ลอยในของเหลวทั้งสามชนิดจะมีความหนาแน่นต่ำ สำหรับพลาสติกที่จมในของเหลวทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นมากกว่า 1.20 g/cm$^3$ |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**คำถามที่ 4** : จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพบางประการผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ลง**ข้อสรุป**ว่า "ความหนาแน่นของพอลิเมอร์มีความสัมพันธ์กันกับความแข็งของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์" หลักฐานใดในการทดลองสามารถสนับสนุนข้อสรุปนี้ได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 4)**

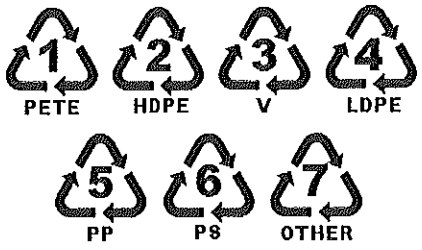
| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - พิจารณาจากผลการทดลองพบว่า พลาสติกที่มีความหนาแน่นมาก นั้นคือ จมในของเหลวทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นมากกว่า 1.20 $g/cm^3$ จะทนต่อการขีดข่วนและมีความแข็งมากกว่าพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อย |
| 1 | - พิจารณาจากผลการทดลองพบว่า พลาสติกที่มีความหนาแน่นมาก จะทนต่อการขีดข่วนและมีความแข็งมากกว่าพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อย<br>- สอดคล้องกับผลการทดสอบค่อนข้างน้อย |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**สถานการณ์บทนำ : ผลิตภัณฑ์พลาสติก**

ในชีวิตประจำวันของเรามักจะพบเห็นวัสดุพอลิเมอร์ประเภทพลาสติกเป็นจำนวนมากซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของภาชนะที่ใช้แล้วทิ้งและเป็นผลิตภัณฑ์ในครัวเรือนมากมาย เมื่อมีการใช้พลาสติกอย่างแพร่หลายผลกระทบบางอย่างที่ตามมานั้นคือการกำจัดขยะพลาสติกเหล่านั้น เช่น การเผาทำลายก็จะเป็นการเพิ่มมลพิษทางอากาศ หรือการฝังกลบขยะพลาสติกก็จะเป็นการใช้พื้นที่และทรัพยากรต่าง ๆ มากมาย ซึ่งวิธีที่จะลดช่วยปัญหาดังกล่าว พบว่า การนำขยะพลาสติกมาผ่านกระบวนการรีไซเคิลจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ผลิตภัณฑ์พลาสติกส่วนใหญ่ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันของเราจะถูกจัดประเภทไว้ทั้งสิ้น 7 ประเภท เพื่อให้การรีไซเคิลพลาสติกเหล่านี้ง่ายขึ้นในขั้นตอนของอุตสาหกรรมมีการแสดงไว้บนผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยในเรื่องการคัดแยกพลาสติกสำหรับการรีไซเคิล ลักษณะสัญลักษณ์คือ ลูกศรวิ่งวนเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า มีเลขกำกับอยู่ภายใน และมีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ฐานของสามเหลี่ยม ซึ่งเรียกว่า

"รหัสพลาสติก" กำหนดโดย NA Society of the Plastics Industry ในปี ค.ศ. 1988




**ที่มา** : http://oknation.nationtv.tv/blog/packaging/2013/04/18/entry-1

**จงใช้สถานการณ์ : ผลิตภัณฑ์พลาสติก คำถามข้อที่ 5**

มีนาและดนัย สงสัยว่าผลิตภัณฑ์ที่เป็นขวดน้ำดื่มพลาสติกชนิดเดียวกันที่ซื้อมาจากร้านค้า เมื่อใช้เสร็จแล้วควรจะขัดแยกให้อยู่ในพลาสติกประเภทใด เพื่อเป็นประโยชน์และง่ายต่อการนำไปรีไซเคิล เพราะเนื่องจากขวดน้ำดื่มพลาสติกที่ซื้อมาไม่มีสัญลักษณ์กำกับไว้จึงเป็นเรื่องที่ยากต่อการขัดแยก ทั้งสองคนจึงทำการทดลองเพื่อตรวจสอบพลาสติกทั่วไปและเปรียบเทียบสมบัติของพลาสติก ดังนี้

- สังเกตลักษณะภายนอกของขวดพลาสติก จากการสังเกตพบว่า **พลาสติกมีลักษณะขุ่นเล็กน้อย**

- ทดสอบความแข็งโดยการกด หรือบีบ ทดสอบความยืดหยุ่นโดยการดึง หรือพับ ทดสอบการขีดข่วนโดยใช้ตะปูหรือเข็มหมุดขีด ทดสอบความหนาแน่นโดยการสังเกตการลอยหรือจมของพลาสติกในของเหลว ทั้งหมด 3 ชนิด ผลการทดสอบพบว่า

| ผลิตภัณฑ์ | ความแข็ง | ความทนต่อแรงดึง | การเกิดรอยขีดข่วน | การจมหรือลอยตัวของตัวอย่างเมื่อใส่ลงใน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | เอทานอล $d = 0.79\ dm^3$ | น้ำ $d = 1.00\ dm^3$ | น้ำมันพืช $d = 0.90\ dm^3$ |
| ขวดพลาสติก | ค่อนข้างอ่อน | ยืดเล็กน้อย | เป็นรอย | จม | ลอย | จม |

ตาราง : แสดงความหนาแน่นของพอลิเมอร์

| Substance | Density g/mL |
|---|---|
| Water | 1.0 |
| PETE | 1.38-1.39 |
| HDPE | 0.95-0.97 |
| PVC | 1.16-1.35 |
| LDPE | 0.92-0.94 |
| PP | 0.90-0.91 |
| PS | 1.05-1.07 |

David A. Katz. (1998). **Identification of Polymers.** แหล่งที่มา :

https://www.mtec.or.th/wp-content/uploads/2018/04/Polymer-Identification.pdf

**คำถามที่ 5 : การทดลองเพื่อตรวจสอบพลาสติกทั่วไปและเปรียบเทียบสมบัติของพลาสติก มีนา และดนัย มีความคิดเห็นไม่ตรงกันเกี่ยวกับข้อสรุปว่า ขวดน้ำดื่มพลาสติกชนิดนี้จัดอยู่ในพลาสติกประเภทใด**

- **มีนา** คิดว่า ขวดน้ำดื่มพลาสติกชนิดนี้จัดอยู่ในพลาสติกประเภทที่ 5 ( ) เป็นพลาสติกที่ทำจากพอลิโพรพิลีน (Polypropylene) เนื่องจากความหนาแน่นของ PP นั้นเท่ากับ 0.90-0.91 ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า เอทานอล และน้ำมันพืช แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่า น้ำ จึงทำให้ลอยน้ำได้ เมื่อนำไปเปรียบกับขวดพลาสติกชนิดอื่น ๆ จะมีความขุ่นมากกว่า และจากประสบการณ์ในใช้งานขวดพลาสติกอยู่บ่อยครั้งจึงสามารถระบุได้ว่ามีความคล้ายกับขวดพลาสติกที่ทำจาก PP อีกทั้งขวดที่ทำจากพอลิเมอร์ชนิดนี้ยังสามารถเกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย

- **ดนัย** คิดว่า ขวดน้ำดื่มพลาสติกชนิดนี้จัดอยู่ในพลาสติกประเภทที่ 4 ( ) เป็นพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) เนื่องจากผลการทดสอบพบว่า ความหนาแน่นของ LDPE มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92-0.94 ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า เอทานอล ($d = 0.79\ dm^3$) และน้ำมันพืช ($d = 0.90\ dm^3$) แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่า น้ำ ($d = 1.00$ dm3) จึงทำให้ลอยน้ำได้ อีกทั้งมีลักษณะค่อนข้างอ่อน สามารถยืดได้เล็กน้อยและจากการสังเกตขวดมีลักษณะมีสีขาวขุ่นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ

**จากข้อมูลดังกล่าว นักเรียนคนใดมีแนวคิดที่ถูกต้อง เพราะเหตุใด**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 5)**

| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - เลือก ดนัย ที่ตอบว่า พลาสติกประเภทที่ 4 ทำจากพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีแนวคิดที่ถูกต้อง และให้คำอธิบายที่ชี้ให้เห็นว่ามีข้อเสนอที่มาจากการพิจารณาจากหลักฐานที่ได้จากการทดสอบ ตัวอย่างเช่น<br>○ จากการสังเกตขวดมีลักษณะขุ่น เมื่อทำการกดหรือบีบมีความอ่อนเล็กน้อย และ/หรือ ทำการดึงขวดพลาสติกมีการยืดเล็กน้อย<br>○ ผลการทดสอบพบว่า ความหนาแน่นของ LDPE มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92-0.94 เมื่อเทียบกับตารางแสดงความหนาแน่น ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า<br>เอทานอล ($d = 0.79\ dm^3$) และน้ำมันพืช ($d = 0.90\ dm^3$) แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่า น้ำ ($d = 1.00\ dm^3$) จึงทำให้ลอยน้ำได้ |
| 1 | - เลือก ดนัย ที่ตอบว่า พลาสติกประเภทที่ 4 ทำจากพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีแนวคิดที่ถูกต้อง แต่ให้คำอธิบายไม่สอดคล้องกับข้อความหรือไม่แสดงคำอธิบาย |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**<u>สถานการณ์บทนำ</u> : การวิเคราะห์เส้นใย**

พอลิเมอร์ประเภทเส้นใย เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเหมาะสำหรับนำมารีดและปั่นเป็นด้าย ซึ่งสามารถใช้สมบัติบางอย่างเป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของเส้นใย นั้นคือ การเผาไหม้ โดยเส้นใยแต่ละชนิดมีสมบัติการเผาไหม้ต่างกัน เช่น

**ตาราง** : การเผาไหม้ของเส้นใยชนิดต่าง ๆ

| เส้นใย | การลุกไหม้ | กลิ่น | ส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ (ขี้เถ้า) |
|---|---|---|---|
| เซลลูโลสธรรมชาติจากพืช | ติดไฟทันที เปลวไฟสีเหลือง ลุกไหม้รวดเร็ว | กลิ่นเหมือนกระดาษหรือไม้ไหม้ | ขี้เถ้าสีขาวหรือสีเทา ซึ่งมีปริมาณน้อย |
| โปรตีนจากสัตว์ | ลุกไหม้ช้า หดหนีไฟเดือดเป็นฟอง เมื่อนำออกจากไฟจะดับ | กลิ่นเหมือนผมไหม้ | ขี้เถ้าสีดำ ซึ่งมีปริมาณน้อย แต่รวมตัวกันเป็นก้อนที่เปราะแตกง่าย |
| เส้นใยโลหะ | ไม่ลุกไหม้ แต่เมื่อได้รับความร้อนจะมีสีแดงเข้ม | ไม่มีกลิ่น | แข็งเช่นเดิมเหมือนก่อนการเผาไหม้ |
| เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ | ติดไฟทันที เปลวไฟสีส้ม ลุกไหม้รวดเร็ว หดหนีไฟ | กลิ่นเหมือนกระดาษไหม้ และกลิ่นกรดน้ำส้ม | ขี้เถ้าปริมาณน้อยมาก ลักษณะเบานุ่ม และบางส่วนเป็นเม็ดแข็งสีดำ |
| เส้นใยสังเคราะห์ | หนีไฟ หลอมละลาย หดตัวรวดเร็ว ติดไฟง่าย | กลิ่นเหมือนกรดน้ำส้มหรือสารเคมี | แข็ง สีน้ำตาล หรือสีเทาจนถึงสีดำ เป็นเม็ดขนาดไม่เท่ากัน |

**ที่มา** : นวลแข ปาลิวนิช (หน้า 63-64, 2550). หนังสือเรื่อง : ความรู้เรื่อง ผ้าและเส้นใย.

ซึ่งในการทดสอบด้วยวิธีการนี้จะเป็นการหาชนิดของเส้นใยได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ หรือกลุ่มกว้าง ๆ ว่าเป็นเส้นใยกลุ่มใด เช่น เซลลูโลส โปรตีน ใยกึ่งสังเคราะห์ หรือใยสังเคราะห์ เป็นต้น

**จงใช้สถานการณ์ : การทดสอบด้วยการเผาไหม้เพื่อจำแนกชนิดของผลิตภัณฑ์เส้นใย ตอบคำถามต่อไปนี้**

นักเรียนกลุ่มหนึ่งเอาผลิตภัณฑ์เส้นใย จำนวน 4 ชนิด ได้แก้ ใยฝ้าย เรยอน ใยหิน และใยไหม นำมาทำการทดสอบด้วยการเผาไหม้เพื่อจำแนกชนิดของเส้นใย โดยมีการบันทึกผลการทดสอบเผาเส้นใยชนิดต่าง ๆ

| เส้นใย | การลุกไหม้ | กลิ่น | ส่วนเหลือจากการเผา |
|---|---|---|---|
| A | ติดไฟทันที ลุกไหม้รวดเร็ว | เหมือนกระดาษไหม้ และ เหมือนกรดน้ำส้ม | เบานุ่มเป็นปุย เถ้ามีน้อย เป็นเม็ดแข็งสีดำ |
| B | ไม่ไหม้ไฟ อ่อนตัวเป็นสีแดงหรือส้ม | ไม่มีกลิ่น | แข็ง และเปราะ |
| C | ติดไฟทันที ลุกไหม้รวดเร็ว และลุกไหม้ต่อไปจนหมด | เหมือนกระดาษหรือไม้ไหม้ | เบานุ่ม มีสีขาว เหลือเถ้าอยู่ |
| D | ม้วนหนีไฟ ไหม้ซ้ำ ๆ และช้ามาก | กลิ่นเหมือนขนไหม้ | รวมตัวเป็นก้อนสีดำ เปราะ แตกง่าย |

**คำถามที่** 6 : จากการทดสอบข้างต้น จงพิจารณาว่านักเรียนกลุ่มนี้มีการประเมินข้อมูลที่ได้รับเกี่ยวกับการจำแนกชนิดเส้นใยที่กำหนดให้ในข้อใดได้ถูกต้องที่สุด

1. A คือ เรยอน ซึ่งสามารถติดไฟได้เร็ว มีกลิ่นเหมือนกระดาษไหม้ มีขี้เถ้าน้อยเป็นเม็ดสีดำ ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาจากผลการทดลองของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ

2. B คือ เส้นใยหิน เป็นเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ติดไฟ ไม่มีกลิ่น จึงไม่มีขี้เถ้าหลงเหลือจากการติดไฟ ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาการเปรียบเทียบจากตารางในหนังสือเรียนเพิ่มเติม ที่กล่าวว่า กลุ่มเส้นใยจากโลหะ จะไม่ลุกไหม้ แต่เมื่อได้รับความร้อนจะมีสีแดงเข้ม ไม่มีกลิ่น

3. C คือ เส้นใยฝ้าย เป็นเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการทดลองจากเพื่อนกลุ่มอื่น ที่กล่าวว่าติดไฟทันที ลุกไหม้รวดเร็ว มีกลิ่นเหมือนกระดาษหรือไม้ไหม้ แต่มีขี้เถ้าเบานุ่ม มีสีขาว

4. D คือ ใยไหม เป็นเส้นใยจากโปรตีนสัตว์ ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องตารางเปรียบเทียบจากหนังสือเรียนเพิ่มเติม ที่กล่าวว่า กลุ่มเส้นใยจากโปรตีนจากสัตว์ลุกไหม้ช้า หดหนีไฟ มีกลิ่นเหมือนผมไหม้ รวมตัวเป็นก้อนขี้เถ้าสีดำ เปราะ แตกง่าย

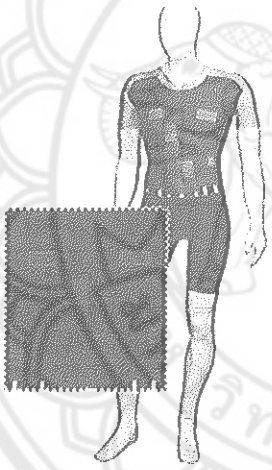
**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 6)**

| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - เลือกตอบ ข้อที่ 4. |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

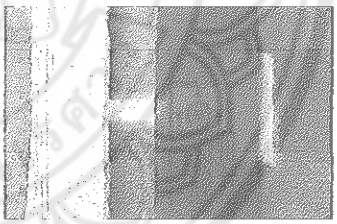
**จงใช้สถานการณ์ : สิ่งทอฉลาดเพื่อชีวิตคุณภาพ ตอบคำถามต่อไปนี้**

คณะนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษกลุ่มหนึ่ง ได้พัฒนาผ้า "ฉลาด" เพื่อที่จะช่วยให้เด็กพิการสามารถสื่อสารด้วย "คำพูด" ได้ เด็กที่ใส่เสื้อกั๊กที่ทำด้วยเส้นใยพิเศษที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งเชื่อมต่อไปยังเครื่องสังเคราะห์เสียง จะสามารถทำให้ผู้อื่นเข้าใจสิ่งที่พวกเขาต้องการจะสื่อสาร โดยการแตะลงบนผ้าที่มีความไวต่อการสัมผัสเท่านั้น

วัสดุนี้ทำด้ายผ้าธรรมชาติซึ่งอาจจะเป็นผ้าที่ทำจากเส้นใยขนสัตว์หรือใยฝ้ายแล้วเคลือบรูพรุนด้วยเส้นใยที่มีคาร์บอนที่มีการเชื่อมต่อกันของโครงสร้างแบบตาข่ายลักษณะพิเศษที่มีสอดไส้อยู่ จึงสามารถนำไฟฟ้าได้ เมื่อมีแรงกดลงบนผ้า สัญญาณแบบต่าง ๆ จะถูกส่งไปตามเส้นใยและไปแปลงสัญญาณ ชิพคอมพิวเตอร์จะอ่านได้ว่าส่วนใดของผ้าถูกแตะแล้วก็จะไปทำให้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งอยู่ทำงาน เครื่องมือดังกล่าวมีขนาดไม่เกิดกว่ากล่องไม้ขีด 2 กล่องเท่านั้น



ผ้าถักที่มีการแทรกด้วยการเคลือบรูพรุนด้วยเส้นใยนำไฟฟ้าในเนื้อผ้า



ต้นแบบชิพคอมพิวเตอร์ที่จะอ่านสัญญาณต่าง ๆ

"ส่วนที่ฉลาด ก็คือ วิธีการทอและการส่งสัญญาณผ่านทางเส้นใย เราสามารถทอเส้นใยนี้ให้กลมกลืนเข้าไปในลายผ้าซึ่งทำให้เราไม่สามารถมองเห็นมันได้" นักวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งมนคณะได้กล่าวไว้

ผ้านี้สามารถซักบิด หรือหุ้มห่อสิ่งต่าง ๆ โดยไม่เกิดความเสียหายและนักวิทยาศาสตร์ยังได้กล่าวด้วยว่า ผ้าชนิดนี้สามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากได้ในราคาถูก

**คำถามที่** 7 : จากบทความ "สิ่งทอฉลาดเพื่อชีวิตคุณภาพ" จงพิจารณาว่าคำกล่าวอ้างใดที่มาจากประจักษ์พยานหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ โดยเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละข้อ
(นักเรียนต้องทำให้ครบทุกข้อย่อยให้ถูกต้องจึงจะได้คะแนน)

| **คำกล่าวอ้างที่มาจากบทความเกี่ยวกับ** สิ่งทอฉลาดเพื่อชีวิตคุณภาพ | **มาจากประจักษ์พยานหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (ใช่ หรือ ไม่ใช่)** |
|---|---|
| 1. เด็กที่ใส่เสื้อกั๊กที่ทำด้วยเส้นใยพิเศษที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งเชื่อมต่อไปยังเครื่องสังเคราะห์เสียง จะสามารถทำให้ผู้อื่นเข้าใจสิ่งที่พวกเขาต้องการจะสื่อสาร | ใช่ / ไม่ใช่ |
| 2. ผ้าธรรมชาติเคลือบรูพรุนด้วยเส้นใยที่มีคาร์บอนที่มีการเชื่อมต่อกันของโครงสร้างแบบตาข่ายลักษณะพิเศษที่มีสอดไส้อยู่ จึงสามารถนำไฟฟ้าได้ | ใช่ / ไม่ใช่ |
| 3. เมื่อมีแรงกดลงบนผ้า สัญญาณแบบต่าง ๆ จะถูกส่งไปตามเส้นใยและไปแปลงสัญญาณ ชิพคอมพิวเตอร์จะอ่านได้ว่าส่วนใดของผ้าถูกแตะแล้วก็จะไปทำให้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งอยู่ทำงาน | ใช่ / ไม่ใช่ |
| 4. วิธีการทอและการส่งสัญญาณผ่านทางเส้นใย เราสามารถทอเส้นใยนี้ให้กลมกลืนเข้าไปในลายผ้าซึ่งทำให้เราไม่สามารถมองเห็นมันได้ | ใช่ / ไม่ใช่ |

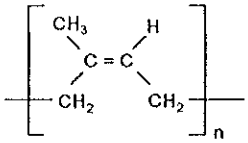
**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 7)**

| **คะแนน** | **คำตอบ** |
|---|---|
| 2 | - ตอบถูกทั้งหมดสี่ข้อ : ไม่ใช่ ใช่ ใช่ ไม่ใช่ ตามลำดับ |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**จงใช้สถานการณ์ : ยางธรรมชาติ ตอบคำถามต่อไปนี้**

ยางธรรมชาติ (Natural rubber) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ซึ่งเตรียมได้จากน้ำยางสดที่มีลักษณะข้น สีขาวขุ่น ประกอบด้วยเนื้อยางประมาณร้อยละ 25-45 ขึ้นอยู่กับสายพันธ์ของต้นยาง อายุของต้นยาง และฤดูกาลเก็บเกี่ยว โดยหากแยกเนื้อยางออกจากน้ำยางจะเรียกว่า ยางดิบ

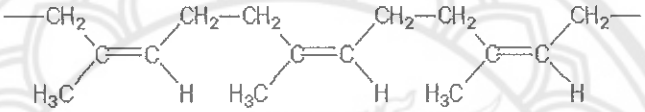
มอนอเมอร์ของยาง คือ ไอโซพรีน (Isoprene) ซึ่งมีสูตรเคมี คือ $C_5H_8$



สูตรโครงสร้างในยางธรรมชาติ

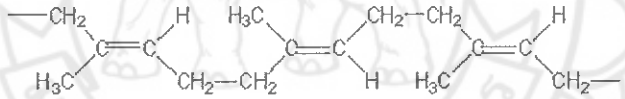
ซึ่งยางธรรมชาติที่ได้จากพืช ตัวอย่างเช่น

ยางพารา



โครงสร้างของยางพารา

ยางกัตตา



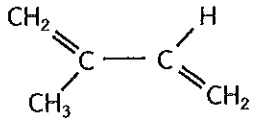
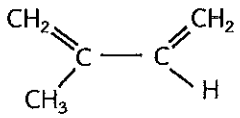
โครงสร้างของยางกัตตา

ซึ่งยางธรรมชาติชนิดนี้ มีสมบัติที่คล้ายกัน เช่น ด้านทานต่อแรงดึงสูง ทนต่อการขัดถู ยืดหยุ่นได้ดี ไม่ละลายน้ำ แต่จะแข็งและเปราะที่อุณหภูมิต่ำ เหนียวและอ่อนตัวเมื่อร้อน

**คำถามที่** 8 : จากโครงสร้างของยางพาราและยางกัตตา จงเขียนมอนอเมอร์ของโครงสร้างยางที่กำหนดให้ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

| |
|---|
| |

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 8)**

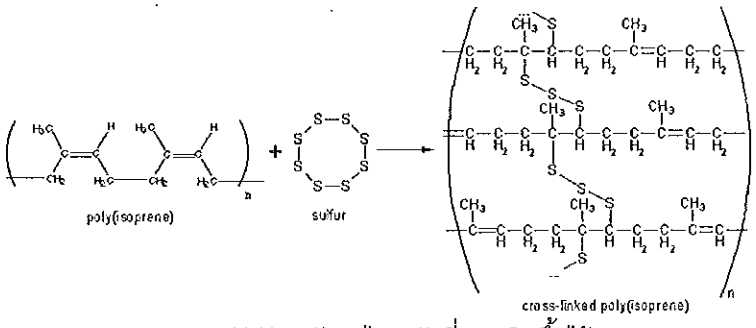
| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 |  ทรานส์-ไอโซพรีน  ซิส-ไอโซพรีน |
| 1 | - ตอบเพียงโครงสร้างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**จงใช้สถานการณ์ : กระบวนการวัลคาไนเซชัน ตอบคำถามต่อไปนี้**

สมบัติสำคัญของยาง คือ มีความยืดหยุ่นสูงซึ่งเกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของยางที่มีลักษณะม้วนขดไปมาเป็นวงและบิดเป็นเกลียว โดยมีแรงแวนเดอร์วาลส์ยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่พอลิเมอร์เข้าไว้ด้วยกัน จึงทำให้ยางมีสมบัติด้านทานต่อแรงดึงสูง ทนต่อการขัดถู ยืดหยุ่นได้ดี ไม่ละลายน้ำ แต่จะแข็งและเปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เหนียวและอ่อนตัวเมื่อร้อน และไม่ทนต่อน้ำมันเบนซินและตัวทำละลายอินทรีย์ ทำให้มีสมบัติบางประการที่เป็นข้อจำกัดไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ จึงได้มีการปรับปรุงคุณภาพของยางธรรมชาติที่ได้ด้วย

กระบวนการวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เพิ่มคุณภาพของยางธรรมชาติ ทำได้โดยการเติมกำมะถันลงไปทำปฏิกิริยากับยาง ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวกระตุ้นที่เหมาะสม เผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 140 °C จะเกิดปฏิกิริยาให้พอลิเมอร์ของสายยางเชื่อมต่อกันได้ด้วยโมเลกุลของกำมะถัน เรียกยางที่ได้นี้ว่า ยางวัลคาไนซ์

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้




แสดงปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันที่อาจเกิดขึ้นได้

**คำถามที่ 9** : หากนำยางวัลคาไนซ์มาทำการทดสอบโดยการดึง เพื่อศึกษาความยืดหยุ่น ดังรูปต่อไปนี้

ก่อนถูกดึง

ขณะดึง

**จงสรุปผลการทดสอบว่ายางควรจะมีลักษณะอย่างไร**

.....

.....

.....

.....

.....

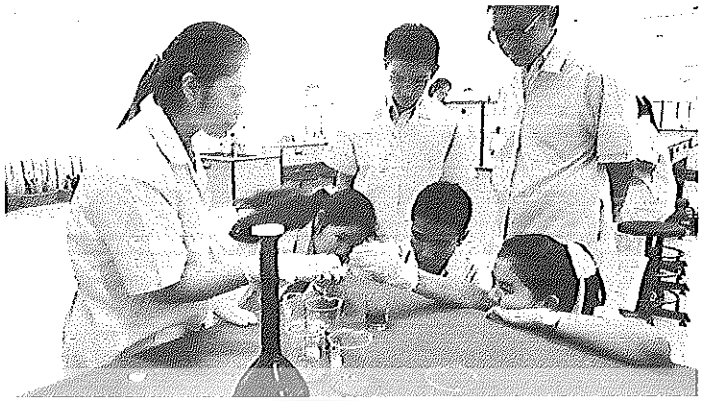
.....

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 9)**

| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - ยางที่เติมกำมะถันในปริมาณที่เหมาะสม จะเกิดพันธะโคเวเลนต์ของกำมะถันเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิไอโซพรีนในบางตำแหน่ง เมื่อได้รับแรงกระทำหรือแรงดึง สายโซ่จะไม่เลื่อนหลุดออกจากกันอย่างง่ายดาย |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |

**จงใช้สถานการณ์ : ชนิดของยางและการใช้งาน ตอบคำถามต่อไปนี้**

การทำกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อาจทำให้นักเรียนต้องเผชิญความเสี่ยงในการสัมผัสสารเคมีที่ใช้ทดลอง ซึ่งสารเคมีบางชนิดมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือเบส สามารถทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง หรือเกิดอาการคันอย่างรุนแรง หรือมีอาการแสบร้อนในบริเวณที่สัมผัสกับสารเคมี ดังนั้นจึงต้องให้มีการใส่ถุงมือทุกครั้งในการทำการทดลอง เพื่อที่จะป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียนหรือผู้ทำการทดลองได้



**ที่มา** : http://www.satit.up.ac.th/main/News_PIC.aspx?itemID=7480

โดยถุงมือยางที่นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการมักจะพบเห็นได้อยู่ 2 ชนิด ได้แก่

| ชนิดของยาง | ความทนต่อสารเคมี | ความทนต่อการขีดข่วนหรือการขัดถู | ความยืดหยุ่น |
|---|---|---|---|
| <br>ถุงมือยางธรรมชาติ (Latex gloves)<br>ที่มา :https://www.siamchemi.com | - มีความทนต่อกรด สารกัดกร่อน และแอลกอฮอล์ได้<br>- แต่ไม่สามารถใช้กับสาร Chlorinated Solvents, สารละลายอินทรีย์บางชนิด | - มีความทนทานต่อการขัดถูได้เป็นอย่างดี<br>- สามารถทนต่อการขีดข่วนได้<br>- สามารถฉีกขาดได้ง่าย | - มีความยืดหยุ่นเป็นอย่างมาก<br>- สามารถยืดและสวมใส่ได้กระชับมือมากขึ้น<br>- เมื่อยืดแล้วสามารถคงตัวได้เหมือนเดิม |
| <br>ถุงมือไนไตร (Nitrile gloves)<br>ที่มา : http://www.siamglove.com | - การสังเคราะห์มาจากพอลิเมอร์ ทนสารละลายมีขั้ว ป้องกันสารเคมีพวกตัวทำละลาย น้ำมัน สารละลายอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี และ สารกัดกร่อนบางชนิดได้ | - ทนทานต่อการฉีกขาด ทนต่อการแทงทะลุ และการขีดข่วนได้เป็นอย่างได้ | - มีความยืดหยุ่นค่อนข้างน้อย อาจจะทำให้สวมใส่ไม่กระชับมือ<br>- มีความเหนียวเป็นอย่างมาก |

**คำถามที่ 10** : นักเรียนสองกลุ่มมีการเลือกใช้ถุงมือยางที่แตกต่างกันในการทำกิจกรรมการทดลองเกี่ยวกับเรื่อง ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม โดยนักเรียนให้เหตุผลดังต่อไปนี้

- นักเรียนกลุ่มที่ 1 คิดว่า การเลือกใช้ถุงมือยางธรรมชาติ (Latex gloves) ที่มีการผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันมาแล้ว จึงทำให้มีความยืดหยุ่นและมีความทนต่อแรงขีดข่วนได้สวมใส่กระชับมือได้ดีกว่า จึงสามารถทำให้จับอุปกรณ์ได้สะดวกด้วย และยังสามารถทนสารที่มีความเป็นกรดหรือเบสที่ใช้สำหรับในการทดลองเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมได้

- นักเรียนกลุ่มที่ 2 คิดว่า การเลือกใช้ถุงมือไนไตร (Nitrile gloves) เป็นถุงมือที่ผ่านการสังเคราะห์ จาก NBR เป็นโคโพลิเมอร์ของ อะไซโลไนไตร Acrylonitrile (ACN) กับ บิวทาไดอีน (Butadiene) ซึ่งคุณสมบัติของ อะไซโลไนไตร จะช่วยทำให้ยางสังเคราะห์นั้น ทนสารละลายมีขั้ว ซึ่งมีความทนทานต่อสารเคมีพวกตัวทำละลายอินทรีย์ได้สูงและสารกัดกร่อนบางชนิดได้ มีความทนต่อการฉีกขาดได้ดีกว่า ถุงมือจากยางธรรมชาติ

**จากข้อมูลดังกล่าว นักเรียนกลุ่มใดมีแนวคิดการเลือกใช้ถุงมือยางได้ถูกต้อง จงอธิบายคำตอบของนักเรียน**

.....

.....

.....

.....

.....

**เกณฑ์การให้คะแนน (คำถามที่ 10)**

| คะแนน | คำตอบ |
|---|---|
| 2 | - เลือกตอบ นักเรียนกลุ่มที่ 2 และให้คำอธิบายที่ชี้ให้เห็นว่ามีการใช้ความข้อที่ได้จากชุดข้อมูลในการ ประเมินการเลือกใช้ถุงมือยางเพื่อการทำกิจกรรมการทดลองได้อย่างเหมาะสม<br>ตัวอย่างเช่น<br>○ จากชุดข้อมูลถุงมือยางไนไตร (Nitrile gloves) เป็นถุงมือที่ผ่านการสังเคราะห์ จาก NBR เป็นโคโพลิเมอร์ของ อะไซโลไนไตร Acrylonitrile (ACN) กับ บิวทาไดอีน (Butadiene) ซึ่งคุณสมบัติของ อะไซโลไนไตร จะช่วยทำให้ยางสังเคราะห์นั้น ทนสารละลายมีขั้ว ซึ่งมีความทนทานต่อสารเคมีพวกตัวทำละลายอินทรีย์<br>○ เนื่องจากการทดลองเรื่อง ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ถือเป็นสารที่เกิดจากสารอินทรีย์เช่น แก๊สธรรมชาติ หรือน้ำมันชนิดต่าง ๆ ซึ่งการทดลองอาจต้องใช้สารละลายอินทรีย์บางชนิด ซึ่งการเลือกใช้ถุงมือไนไตร (Nitrile gloves) ซึ่งมีความทนทานต่อสารเคมีพวกตัวทำละลายอินทรีย์ได้สูงและสารกัดกร่อนบางชนิดได้ มีความทนต่อการฉีกขาดได้ดีกว่า ถุงมือจากยางธรรมชาติ |
| 1 | - เลือกตอบ นักเรียนกลุ่มที่ 2 แต่ให้คำอธิบายไม่สอดคล้องกับข้อมูลหรือไม่แสดงคำอธิบาย |
| 0 | - คำตอบอื่น ๆ หรือตอบผิด และไม่ตอบคำถาม |