



การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลอง
ทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



อมรรัตน์ ปานเพชร

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลอง
ทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนา
แบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1"

ของ อมรรัตน์ ปานเพชร

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ผู้วิจัย	อมรรัตน์ ปานเพชร
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตยา บงกชเพชร
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบจำลองทางความคิด พลังงานความร้อน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ และผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร ประจำปีการศึกษา 2565 จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง พลังงานความร้อน แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถพัฒนาแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อนได้ มีขั้นตอนดังนี้ คือ ครูนำเสนอสถานการณ์ที่เชื่อมโยงถึงพลังงานความร้อนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ นักเรียนทดสอบแบบจำลองโดยการสืบค้นข้อมูลหรือทำการทดลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ถูกต้อง นักเรียนเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ออกแบบจำลองของตนเอง ปรับเปลี่ยนแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและนำความรู้ที่ได้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ส่วนผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากที่สุดและแบบจำลองทางคิดที่ไม่เชื่อมโยงน้อยที่สุด

Title	MODEL-BASED INQUIRY TO DEVELOP MENTAL MODEL OF 7 TH GRADE STUDENTS ON THERMAL ENERGY TOPIC
Author	Amornrat Panphet
Advisor	Assistant Professor Dr. Thitiya Bongkotphet
Academic Paper	M.Ed. Independent Study in Science Education, Naresuan University, 2022
Keywords	Model-Based Inquiry Mental Model Thermal energy

ABSTRACT

The research aimed to explore the learning management approach, and to study the results in the learning management approach of the model-based inquiry by using the mental model on thermal energy of 7th-grade students. The research methodology was action research. The target group was 7th grade students at the school in Phichit during the academic year of 2022 in the total of 26. The research instrument used to collect data consisted of the learning management plan, thermal energy, the reflection form of learning management, the measurement form of mental model, and the pictures interview form. The data analysis employed the statistics of percentage, and content analysis. The result of this study showed that the learning management approach of the model-based inquiry by using the model as the basis to develop a model 7th grade students had several processes. A teacher presented thermal energy situation to encourage students to create the mental model for understanding. Students tested the model by researching or conducting experiments for accurate results. Students compared information received with their model, adjusted it to align with the correct scientific model, and shared their knowledge on other phenomena. Besides, the development of mental model found that students had the most progress in a correct mental model group, and the least progress in an incoherent mental model.

ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านผู้ให้คำปรึกษาชี้แนะ แนวทางที่ถูกต้อง และตรวจสอบข้อบกพร่องให้ผู้วิจัยนำกลับไปแก้ไขเพื่อประโยชน์ต่อการค้นคว้าอิสระ ให้ประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัย สามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นในตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ เป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ อาจารย์ประจำภาควิชา การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรัตนนคร คุณครูดำรงฤทธิ์ คุณสิน คุณครูธีระพงษ์ ภูทอง คุณครูจันทร์ทิมา พงษ์พานิช คุณครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ และคุณครูวันทนา งามเนียม คุณครูผู้สอน วิชาฟิสิกส์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจแก้ไขเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำในการ ทำการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวม ข้อมูลเป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่เฝ้าเลี้ยงดูและให้การสนับสนุน ในทุกๆด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่านและขอบใจเพื่อนนิสิต ปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและหวัง เป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ต่อไป

อมรรัตน์ ปานเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
ประกาศคุุณูปการ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
คำถามวิจัย.....	5
จุดประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน	11
แบบจำลองทางความคิด	15
การจัดทการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI).....	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	45
บริบทการวิจัย.....	45

กลุ่มเป้าหมาย	45
แบบแผนการวิจัย	45
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	47
การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	51
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	60
การวิเคราะห์ข้อมูล	64
ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ	66
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	68
ตอนที่ 1 แนวทางการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	68
ตอนที่ 2 ผลศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	117
บทที่ 5 บทสรุป.....	161
สรุปการวิจัย.....	161
อภิปรายผลการวิจัย.....	163
ข้อเสนอแนะ	166
บรรณานุกรม.....	167
ภาคผนวก.....	166
ประวัติผู้วิจัย	204

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพทั้ง 5 ลักษณะ และการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	36
ตาราง 2 การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	37
ตาราง 3 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	39
ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัยกับเครื่องมือวิจัย.....	49
ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัยกับเครื่องมือวิจัย.....	50
ตาราง 6 แสดงรายละเอียดชื่อแผนการจัดการเรียนรู้.....	52
ตาราง 7 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	62
ตาราง 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย.....	62
ตาราง 9 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติ และแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน.....	95
ตาราง 10 แสดงร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่องพลังงานความร้อน ในกลุ่มต่าง ๆ ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	118
ตาราง 11 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อนในแต่ละแนวคิดย่อย เรื่อง พลังงานความร้อน.....	148

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 แสดงตัวอย่างรูปแบบสอบถามชนิดปลายเปิด	19
ภาพ 2 แสดงตัวอย่างรูปแบบคำถามในการวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะเคมี	20
ภาพ 3 แสดงตัวอย่างรูปแบบคำถามในการสัมภาษณ์.....	21
ภาพ 4 การนำเสนอแบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียน เรื่อง การจัดเรียงอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ.....	72
ภาพ 5 นักเรียนทำใบกิจกรรม.....	82
ภาพ 6 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ข้อที่ 1 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้.....	120
ภาพ 7 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 1 ก่อนการจัดการเรียนรู้.....	121
ภาพ 8 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้.....	122
ภาพ 9 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้.....	122
ภาพ 10 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้.....	123
ภาพ 11 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้.....	124
ภาพ 12 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้.....	124

ภาพ 13 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการ ขยายตัวและการหดตัวของสสาร ข้อที่ 2 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้	125
ภาพ 14 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 2 ก่อน การจัดการเรียนรู้.....	126
ภาพ 15 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้.....	127
ภาพ 16 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ใน คำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้.....	127
ภาพ 17 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ใน คำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้.....	128
ภาพ 18 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ใน คำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้.....	128
ภาพ 19 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ใน คำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้.....	129
ภาพ 20 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการ ขยายตัวและการหดตัวของสสาร ข้อที่ 3 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้	130
ภาพ 21 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 3 ก่อน การจัดการเรียนรู้.....	131
ภาพ 22 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้.....	131
ภาพ 23 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ใน คำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้.....	132

ภาพ 24 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ใน คำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้.....	132
ภาพ 25 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้.....	133
ภาพ 26 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ในคำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้.....	133
ภาพ 27 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการ เปลี่ยนสถานะของสสาร ข้อที่ 4 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้.....	135
ภาพ 28 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 4 ก่อน การจัดการเรียนรู้.....	136
ภาพ 29 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้.....	136
ภาพ 30 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้.....	137
ภาพ 31 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ใน คำถามข้อที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้.....	137
ภาพ 32 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ใน คำถามข้อที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้.....	138
ภาพ 33 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ใน คำถามข้อที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้.....	138
ภาพ 34 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการ เปลี่ยนสถานะของสสาร ข้อที่ 5 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้.....	139
ภาพ 35 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 5 ก่อน การจัดการเรียนรู้.....	140

ภาพ 36 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้.....	140
ภาพ 37 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้.....	141
ภาพ 38 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ในคำถามข้อที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้.....	141
ภาพ 39 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้.....	142
ภาพ 40 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน ข้อที่ 6 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้.....	143
ภาพ 41 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 6 ก่อนการจัดการเรียนรู้.....	144
ภาพ 42 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้.....	145
ภาพ 43 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้.....	145
ภาพ 44 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ในคำถามข้อที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้.....	146
ภาพ 45 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้.....	146
ภาพ 46 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้.....	147
ภาพ 47 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้.....	149

ภาพ 48 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในเรื่องอนุภาคของ สสารในแต่ละสถานะ	150
ภาพ 49 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ...	150
ภาพ 50 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง.....	151
ภาพ 51 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ...	151
ภาพ 52 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง.....	152
ภาพ 53 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการ ขยายตัวและหดตัวของสสาร ในระหว่างการจัดการเรียนรู้.....	152
ภาพ 54 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง.....	153
ภาพ 55 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ...	154
ภาพ 56 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ...	154
ภาพ 57 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง.....	155
ภาพ 58 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการ เปลี่ยนสถานะของสสาร ในระหว่างการจัดการเรียนรู้.....	156
ภาพ 59 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง	156
ภาพ 60 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ...	157
ภาพ 61 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ...	157
ภาพ 62 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง.....	158
ภาพ 63 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายโอนความ ร้อนในชีวิตประจำวัน ในระหว่างการจัดการเรียนรู้	158
ภาพ 64 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง.....	159
ภาพ 65 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ...	160

ภาพ 66 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ... 160



บทที่ 1

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้สร้างแบบจำลอง (models) ขึ้นมาเพื่ออธิบายข้อมูล ทำนายเหตุการณ์และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการและการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ธรรมชาติเหล่านั้น โดยแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาจะเป็นตัวแทนของความคิดเพื่อที่จะสื่อความหมายของข้อมูล เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นอาจเป็นในระดับมหภาค คือ ปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้ หรือระดับจุลภาค คือ ปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็น ได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา , 2557)

แบบจำลองวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Faikhamta & Supatchaiyawong, 2014 อ้างถึงใน อนุพงศ์ ไพธศรี, 2563) โดยแบบจำลองเป็นความรู้ประเภทหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีความเข้าใจยาก ซับซ้อนและเป็นนามธรรม (Windschitlet al., 2008; Gilbert, 2004 อ้างถึงใน อนุพงศ์ ไพธศรี, 2563) ตัวอย่างเช่น อนุภาคของสสารเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยการทำการทดลองเปรียบเทียบสมบัติรูปร่าง ปริมาตร และความหนาแน่นของสสาร และนำผลการทดลองมาสื่อสารให้เข้าใจง่ายในรูปของแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสสารทั้ง 3 สถานะ ดังนั้น แบบจำลองวิทยาศาสตร์จึงเป็นตัวแทนที่ช่วยอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีความเป็นนามธรรมให้มีความสมเหตุสมผล และยังเป็นองค์ความรู้หนึ่งที่มีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Giere as cited in Windschitl & Thompson, 2006 อ้างถึงใน อนุพงศ์ ไพธศรี, 2563)

แบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนจึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนเป็นพื้นฐานให้กับครูในการตัดสินใจว่าจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไรเพื่อให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Bucal, 2004 อ้างถึงใน ภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้สร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และช่วยให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์ต่างๆ ทำให้เข้าใจแนวคิดต่างๆ ได้ง่ายขึ้น เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์ เป็นต้น (Coll, 2008) ในขณะที่นักเรียนก็มีวิธีการสร้างแบบจำลองของตนเองเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์เพื่อ

นำมาใช้อธิบายกับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวและใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์นั้น ซึ่งแบบจำลองที่นักเรียนแต่ละคนสร้างขึ้นนั้นเป็นแบบจำลองตามความเข้าใจและประสบการณ์เดิมของตนหรือที่เรียกว่า แบบจำลองทางความคิด (mental model) นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายและกล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองทางความคิดว่า เป็นตัวแทนของความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายและการทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโลก โดยอาศัยเจตคติและประสบการณ์เดิม ซึ่งความรู้ที่สร้างขึ้นจะขึ้นอยู่กับความเข้าใจของแต่ละบุคคล (Barquero, 1995 as cited in Grece, & Moreira, 2000) โดยแบบจำลองนั้นจะมองเห็นเป็นนามธรรมมากกว่ารูปธรรมแบบจำลองจึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการเรียนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นและจับต้องได้ เช่น เนื้อหาเรื่อง พลังงานความร้อน ครูและนักเรียนจึงได้นำแบบจำลองทางความคิดมาใช้ในการอธิบายเพื่อเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับโลกของประสบการณ์จริง (Gilbert 2004)

การเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เป็นสิ่งสะท้อนถึงความเข้าใจในการอธิบาย การเปลี่ยนแปลงของสาร โดยนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมา และพยายามที่จะใช้แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นมานี้ เพื่อที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนพบในระหว่างที่เรียนหรือประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน (Chittleborough et al., 2004, p 1-20) หรือสื่ออื่น ๆ เช่น โทรทัศน์และวิทยุ (Chiu and Lin, 2007, p. 771-803) เป็นต้น สอดคล้องกับวิทยา อินโท ที่กล่าวว่า เมื่อบุคคลรับรู้ปรากฏการณ์ บุคคลจะสร้างความคิดขึ้นมาภายในที่เรียกว่า แบบจำลองทางความคิด จากนั้นบุคคลจะแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่อยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ออกมาเป็นแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่แสดงลักษณะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนถึงโครงสร้างทางปัญญาของบุคคลนั้นๆ

รายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่อง พลังงานความร้อนเป็นเนื้อหาหนึ่งในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีความซับซ้อนและเน้นการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับสมบัติของสาร โครงสร้างของสาร แรงแยัดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆเมื่อได้รับความร้อน เช่น การจัดเรียงอนุภาคของ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส การถ่ายโอนความร้อนในแบบต่างๆ การพาความร้อน การนำความร้อน การแผ่รังสี เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความยากลำบากในการทำความเข้าใจเนื้อหาดังกล่าว โดยเฉพาะการอธิบายในระดับอนุภาค เช่น นักเรียนมีความเข้าใจว่า ของแข็งชนิดเดียวกัน มีรูปร่างต่างกัน เพราะมีโครงสร้างข้างในแตกต่างกัน ความเข้าใจดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดเรียงอนุภาคภายในของของแข็ง จึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าของแข็งชนิดเดียวกันที่มีรูปร่างแตกต่างกันเป็นผลมาจากการจัดเรียงอนุภาคภายในที่แตกต่างกัน

(ขไมพร หลาบโพธิ์, 2555) ซึ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายในระดับอนุภาคก็มักจะนำเสนอเนื้อหาในลักษณะของตัวแทนความรู้ที่เป็นแบบจำลองเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้นักวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จึงได้พยายามพัฒนาการเรียนรู้นวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบจำลองโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม (ชาติรี ฝ่ายคำตา & ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557) และการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry) เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส (ธีร์ธวัศ นาจันทัด, 2558) ซึ่งวิธีการทั้งสองมีแนวทางที่คล้ายคลึงกันคือ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจผ่านการสร้างและการปรับแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนในการสื่อสารความคิดและความเข้าใจในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ให้สอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

สำหรับปัญหาในการเรียนรู้เนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม เกิดจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถจินตนาการเนื้อหาที่อยู่ในระดับจุลภาคได้จะส่งผลให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะเรียนรู้เนื้อหาด้วยวิธีการท่องจำแทนการทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ (ณัฐ ดิษเจริญ และคณะ, 2557) สอดคล้องกับปัญหาในห้องเรียนของผู้วิจัยจากประสบการณ์การจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะบรรยายเป็นส่วนใหญ่ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2564 และจากการสัมภาษณ์ โดยการสุ่มถามนักเรียนซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลางและอ่อน เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับเรื่องพลังงานความร้อนได้ และเมื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดและอธิบายเรื่องพลังงานความร้อน โดยการวาดภาพ 2 มิติ และอธิบายรูปดังกล่าวเป็นข้อความที่ตนเองเข้าใจ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิด เรื่องพลังงานความร้อนได้ถูกต้อง

สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเข้าใจยากนั้นจำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางความคิดเป็นตัวช่วยในการอธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้น แบบจำลองทางความคิดจึงมีความสำคัญในการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้อธิบาย หรือ/และทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้แบบจำลองทางความคิดเป็นสมมติฐานเพื่อนำไปสู่ข้อค้นพบหรือคำอธิบายวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ (Gilbert, 2004; Oh & Oh, 2011; zu Belzenet al., 2019 อ้างถึงใน อนุพงศ์ ไพธศรี, 2563) ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีกระบวนการคิดในการพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองและปฏิบัติเหมือนกับกระบวนการในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนรู้จากการให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Learning science) สู่การกระตุ้นให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Learning about science) จนนำไปสู่การให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติเหมือนๆกับนักวิทยาศาสตร์ (Doing science)

science) (Hodson, 2014 อ้างถึงใน อนุพงศ์ ไพธศรี, 2563) ซึ่งเป็นการจำลองการเรียนรู้เหมือนกับที่กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ใช้สร้างองค์ความรู้ร่วมกันผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2016 อ้างถึงใน อนุพงศ์ ไพธศรี, 2563) นอกจากนี้การสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนมีการสอนแบบบรรยายเป็นหลัก จึงทำให้นักเรียนมองว่าเนื้อหาในเรื่องพลังงานความร้อนเป็นเรื่องที่ต้องจำมากกว่าการทำความเข้าใจ นักเรียนจึงเข้ามาเรียนเพื่อรับฟังตามเนื้อหาที่ครูบอก จึงทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้ใช้ความคิดและลงมือสำรวจตรวจสอบแบบนักวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสนใจและไม่ให้ความสำคัญในการเรียนเท่าที่ควร

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI) เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาเป็นหลักแล้วใช้แบบจำลองอธิบายที่สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นได้ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้นั้นเน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาและหาคำตอบด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่ในการส่งเสริมและช่วยเหลือผู้เรียนผ่านการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่ต่าง ๆ ได้ ดังนั้นจึงน่าจะสามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเน้นการสร้าง การประเมิน การแก้ไข การปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ (Windchitl, M., Thomson, J., and Braaten, M. 2008a:944 – 945.)

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน (Neilson, Campbell, & Allred, 2010; Windschitl et al., 2008) ด้วยกิจกรรมที่เน้นการ ปฏิบัติการทดลอง เนื่องจากการปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมเปิดโอกาสให้นักเรียนดำเนินการสืบเสาะเพื่อค้นหาคำตอบและเป็นวิธีการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านการทดลองด้วยตนเอง จนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหรือดำเนินการแก้ปัญหาได้ตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Hodson, 1988 อ้างอิงใน สุทธิดา จำรัส, 2557) วิธีการดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหา กระบวนการ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์(Duit & Tesch, 2010) นอกจากนี้การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยังได้แทรกขั้นตอนที่สนับสนุนให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากการลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยการสืบเสาะเพื่อแสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนของการปฏิบัติการทดลองกับเนื้อหาความรู้ โดยเริ่มจากการนำเสนอปรากฏการณ์และการตั้งคำถามเพื่อรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้อแล้วนำนักเรียนไปสู่การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการตั้งสมมติฐาน การวางแผนและออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบแบบจำลองเพื่อค้นหาข้อมูลหลักฐานและปรับ

แบบจำลองเดิมให้สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือการตอบคำถามวิทยาศาสตร์นั้น (Windschitl et al., 2008; Neilson et al., 2010; Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2011) ขั้นตอนการปฏิบัติเหล่านี้ช่วยสะท้อนภาพการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของแบบจำลองได้เป็นอย่างดี (Campbell, Zhang, & Neilson, 2011) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่า การสร้างองค์ความรู้ (cognitive construction) องค์ความรู้ที่ได้มา ก็คือแบบจำลองทางความคิด (mental model) ซึ่งนักเรียนสามารถถ่ายทอดแบบจำลองทางความคิดออกมาได้โดยการสร้างแบบจำลองภายนอก (external modeling) แบบจำลองนี้จะกลายเป็นแบบจำลองที่แสดงออก (expressed model) เป็นแบบจำลองที่ถ่ายทอดออกมาจากแบบจำลองทางความคิด ซึ่งนักเรียนจะต้องทำการทดสอบและประเมินแบบจำลองโดยการนำไปทดลองใช้ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น รวมทั้งขยายแบบจำลอง (elaboration) เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งผลจากการวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้หรือไม่ อย่างไร

จุดประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน

2. เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยออกเป็น 4 ด้าน คือ ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย สิ่งที่ศึกษา และขอบเขตด้านเวลา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 26 คน จากโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร โดยการเลือกแบบเจาะจง

2. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระยะเวลา 12 คาบ มีเนื้อหา ดังนี้ แบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร การถ่ายโอนความร้อน

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI) สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3.2 แบบจำลองทางความคิด

4. ระยะเวลา

ทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 เป็นเวลา 3 คาบ/สัปดาห์ ในเวลารวม 12 คาบ คาบละ 1 ชั่วโมง โดยจัดกิจกรรมตามวันเวลาปกติของนักเรียน

นิยามศัพท์

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI) หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาและหาคำตอบด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่ในการส่งเสริมและช่วยเหลือผู้เรียนผ่านการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหา นั้น ๆ ได้ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้สร้าง นำเสนอ ทดสอบ ประเมิน ปรับเปลี่ยน และประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อนำไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้น โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. **ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์** คือ เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่นๆที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐานสำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาหรือการทดลองหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง

2. **ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้** คือ ขั้นที่มีการนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้กับนักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ

3. **ขั้นการทดสอบแบบจำลอง** คือ ขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดยผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรม

4. **ขั้นการค้นหาหลักฐาน** คือขั้นที่นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1)สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2)แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่ และนักเรียนต้องระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง

5. **ขั้นการสร้างการโต้แย้ง**สำหรับการปรับเปลี่ยน คือ ขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับแก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดยนักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไขแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

6. **ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง** คือขั้นที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) หมายถึง รูปแบบตัวแทนที่แสดงออกถึงโครงสร้างความคิดในสมองของผู้เรียน เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากที่เป็นนามธรรมไม่สามารถจับต้องได้ออกมาในรูปแบบที่แสดงออกถึงแบบจำลองการจัดการจัดเรียงอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร การถ่ายโอนความร้อน ในลักษณะของรูปภาพ 2 มิติ จากการวาดภาพและการอธิบายของนักเรียน ซึ่งรูปแบบดังกล่าวยังสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อได้รับความคิดใหม่จากแบบฝึกหัด และการได้รับประสบการณ์เพิ่มเติม การวัดแบบจำลองทางความคิดสามารถทำได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบข้อคำถามปลายเปิดให้นักเรียนวาดรูปและเขียนอธิบายแบบจำลองของตนเองแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง (interviews about Instances) จะใช้ในการสัมภาษณ์นักเรียนที่น่าสนใจที่มีแบบจำลองทางความคิดในระดับที่ถูกต้อง ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และไม่ถูกต้อง จากการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิด และชิ้นงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีเกณฑ์ในการประเมินแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามแนวคิดของ Chi,& Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu,2007) ดังนี้

1. **แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model)** หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. **แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model)** หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้

ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์

3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อความ ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน

6. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือ

ต อ บ ว า ไ ม่ ท ร ำ บ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

- 1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
- 1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์
- 1.3 ความสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 1.4 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
- 1.5 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. แบบจำลองทางความคิด

- 2.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองทางคิด
- 2.2 ประเภทของแบบจำลองทางความคิด
- 2.3 แนวทางการวัดแบบจำลองทางความคิด
- 2.4 เกณฑ์การวัดแบบจำลองทางความคิด

3.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI)

- 3.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง
- 3.2 ประเภทของแบบจำลอง
- 3.3 รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออก
- 3.4 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง
- 3.5 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- 3.6 ขั้นตอนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- 3.7 บทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนในแต่ละขั้น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ



หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ได้ระบุหลักการและจุดหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 ดังนี้

1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ความรู้และกระบวนการจากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดให้เป็นระบบ หลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญดังนี้

- 1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
- 1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 1.5 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต
- 1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างสร้างสรรค์

1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยง ความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี การออกแบบและเทคโนโลยีเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา เป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ความสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้ และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์ เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 หน้า 92)

1.4 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 4-5)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศการถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและ

ผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสาร เข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์ กันรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตความหลากหลายทาง ชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่าง สมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการ เปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวันผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอน พลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอก ภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการ เปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้า อากาศ และ ภูมิอากาศโลกรวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการ เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกลงใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1.5 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

รายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา ว 21102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 2 หน่วยกิต เวลา 80 ชั่วโมง

การสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูงจากพื้นโลก การคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ $Q=mc\Delta t$ และ $Q = mL$ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ ในการวัดอุณหภูมิของสสาร สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน ประโยชน์ของความรู้ของการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อนโดยใช้สมการ $Q_{สูญเสีย} = Q_{ได้รับ}$ สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน การออกแบบการเลือกใช้ และการสร้างอุปกรณ์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน แนวคิดหลักของเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและปลอดภัย ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้แนวคิดเชิงนามธรรมเพื่อแก้ปัญหาหรืออธิบายการทำงานที่พบในชีวิตจริง ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ ประมวลผล ประเมินผล นำเสนอข้อมูล และสารสนเทศตามวัตถุประสงค์โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลาย ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย ใช้สื่อและแหล่งข้อมูลตามข้อกำหนดและข้อตกลง

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบการสืบค้นข้อมูล บันทึก จัดกลุ่มข้อมูล และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจสามารถนำเสนอสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต

การทดลองแบบจำลอง และใช้สารสนเทศที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์ เนื้อหาพลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา ว 21102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

ว 2.2 ม.1/1 สร้างแบบจำลองที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูงจากพื้นโลก

ว 2.3 ม.1/1 วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูล และคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะ $Q=mc\Delta t$ และ $Q=mL$ โดยใช้สมการ

ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสสาร

ว 2.3 ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน

ว 2.3 ม.1/4 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อนโดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ว 2.3 ม.1/5 วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อนโดยใช้สมการ $Q_{สูญเสีย} = Q_{ได้รับ}$

ว 2.3 ม.1/6 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อนการพาความร้อนการแผ่รังสีความร้อน

ว 2.3 ม.1/7 ออกแบบเลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน

แบบจำลองทางความคิด

2.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองทางคิด

แบบจำลองความคิด แปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า "Mental models" ซึ่ง นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Vosniadou (1994 อ้างอิงใน Harrison and Treagust, 1996, p510) ได้ให้

ความหมาย ของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของความคิดในลักษณะพิเศษ ซึ่งจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการรับรู้จากประสาทสัมผัสของแต่ละบุคคล

Harrison and Treagust (1996, p. 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการอธิบาย เพื่อทำความเข้าใจในแนวคิดของแต่ละบุคคล

Barquero (1995 อ้างอิงใน Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของการรับรู้ชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ภายใน ไม่สมบูรณ์ มีความคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ไม่ปะติดปะต่อ ซึ่งเป็นการสะท้อนให้เห็นความเข้าใจในหลายแง่มุมของแต่ละบุคคล และใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบาย การทำนาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยอาศัยประสบการณ์เดิม

Johnson-Laird (1983 อ้างอิงใน Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นการแสดงออกในการอุปมาอุปไมยของความจริงของแต่ละบุคคล ซึ่งแบบจำลองจะเป็นตัวเลือกในการอธิบายถึงสถานการณ์ โดยการรับรู้หรือจินตนาการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ภายนอกกับสิ่งที่อยู่ภายในความคิด แล้วแสดงออกสู่ภายนอกแทนสถานการณ์นั้นๆ

Greca and Moreira (2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของแต่ละบุคคล ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสร้างขึ้นภายในเพื่อเรียนรู้ อธิบาย ทำนาย ปรากฏการณ์ และสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ

Buckley and Bouter (2000, p 120) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นสิ่งที่อยู่ภายในซึ่งแสดงถึงระบบของการรับรู้ในการใช้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ โดยการบรรยาย อธิบาย ทำนาย และในบางครั้งเป็นสิ่งที่ควบคุมระบบของการรับรู้

Norman (1983) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นระบบเป้าหมายซึ่งกลุ่มประชาคมหรือแต่ละบุคคลสร้างขึ้นเพื่อพยายามใช้ในการเรียนรู้แบบจำลองแนวคิด ซึ่งเป็นระบบที่สร้างโดยนักวิทยาศาสตร์หรือครูที่คิดว่ามีลักษณะที่เหมาะสม ถูกต้อง มีความคงที่และสมบูรณ์ โดยแบบจำลองความคิดของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจะได้รับอิทธิพลมาจากประสบการณ์ของแต่ละบุคคลและสถานการณ์เป้าหมายหรือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

จากความหมายของแบบจำลองทางความคิดมีความหมายที่หลากหลายกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาแต่ละท่านว่ามีมุมมองอย่างไร ซึ่งความหมายของแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองทางความคิด หมายถึง รูปแบบตัวแทนที่แสดงออกถึงโครงสร้างทางความคิดในสมองของแต่ละบุคคล โดยอาศัยแนวคิดเดิมและสิ่งแวดล้อมภายนอกมาสร้างรูปแบบเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งถ่ายทอดออกมาในรูปแบบของการเขียนอธิบาย การวาดภาพ และการสร้างแบบจำลองต่างๆ ซึ่งรูปแบบดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อได้รับแนวคิดใหม่จากการฝึกหัดและได้รับประสบการณ์เพิ่มเติม

2.2 ประเภทของแบบจำลองทางความคิด

การแบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิด ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ใช้เกณฑ์การจำแนกแตกต่างกันออกไป ดังนี้

Johnson-Laird (1983 as cited in Coll, 1999) แบ่งแบบจำลองทางความคิดออกเป็น conceptual mental model กับ physical mental model ซึ่ง physical mental model จึงแสดงลักษณะทางกายภาพของโลก ส่วน conceptual model จะแสดงความเป็นนามธรรมมากกว่า ดังนั้น physical mental model เป็นการสร้างความคิดในสิ่งที่เป็นกายภาพ เป็นรูปธรรมหรือภาพซึ่ง conceptual mental model เป็นการสร้างความคิดเกี่ยวกับแนวคิดแบบจำลอง

Norman (1983 cited in Coil, 1999) ให้แบ่งแบบจำลองทางความคิดว่าเหมือนระบบของเป้าหมาย โดยให้ผู้สร้างเป็นเกณฑ์และใช้การมีส่วนร่วมกลุ่มทางสังคม ซึ่งเมื่อใช้สร้างเป็นเกณฑ์สามารถแบ่งแบบจำลองได้เป็น 3 ประเภท คือ แบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Scientist's model) แบบจำลองทางความคิดของครู (Teacher's model) แบบจำลองความคิดของนักเรียน (Student's model) และเกณฑ์การมีส่วนร่วมของกลุ่มสังคม แบ่งเป็น 3 ประเภทเช่นกัน ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดเฉพาะบุคคล (Individual model) แบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม (Consensus or social model) และแบบจำลองทางคิดทางประวัติศาสตร์ (Historical model) Johnson-Laird (1983) ได้จัดประเภทของแบบจำลองทางความคิดออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แบบจำลองทางความคิดเชิงกายภาพ (Physical Model) เป็นตัวแทนของสิ่งที่เป็นรูปธรรม

2) แบบจำลองทางความคิดเชิงแนวคิด (Conceptual Mental Model) เป็นตัวแทนของสิ่งที่มีความเป็นนามธรรม

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองทางความคิดนั้นสามารถจำแนกได้หลายประเภททั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ดังนั้นประเภทของแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัย ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดภายในที่เป็นตัวแทนของความคิดของนักเรียนแต่ละคน และแบบจำลองทางความคิดภายนอกที่แสดงออกมาโดยการเขียนอธิบาย วาดภาพ หรือสิ่งที่เป็นรูปธรรม เป็นต้น

2.3 แนวทางการวัดแบบจำลองทางความคิด

การวัดแบบจำลองทางความคิดเป็นวิธีที่ทำให้ทราบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนว่าสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ รวมถึงทำให้ทราบว่าแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องนั้นเป็นอย่างไร ซึ่งจากการศึกษา งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน พบว่า สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการสัมภาษณ์ การใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นคำถามปลายเปิด (Open-

end) ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เขียนเหตุผลอธิบายและเหตุผลในการตอบคำถาม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Open-ended questions)

โดยทั่วไปแล้ววิธีการตอบคำถามจะมีรูปแบบคล้ายกับคำถามในการสัมภาษณ์ซึ่งการใช้แบบสอบถามชนิดปลายเปิดจะทำให้ได้ข้อมูลมากกว่าการใช้แบบสอบถามชนิดปลายปิด หากผู้เรียนสมัครใจหรือเต็มใจในการตอบ เนื่องจากการใช้แบบสอบถามชนิดปลายปิดนั้นผู้วิจัยไม่สามารถที่จะต่อเติมเพิ่มเติมเมื่อคำตอบหรือเหตุผลของผู้เรียนไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามทั้งการใช้แบบสอบถามชนิดเลือกตอบ และแบบสอบถามชนิดปลายเปิดนั้น สามารถที่จะใช้ในการล้วงความคิดในตอนเริ่มต้นของผู้เรียนได้ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาไปเป็นคำถามในการสัมภาษณ์ (Ogan - Bekiroglu, 2007) โดยส่วนมากแล้วในการสำรวจแบบจำลองความคิด จะใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เป็นแหล่งข้อมูลหลัก เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ในการสัมภาษณ์ระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ถูกสัมภาษณ์นั้น จะทำให้มีการปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม โดยที่ผู้สัมภาษณ์ที่ใช้คำถามต่อเติมเพิ่มเติมได้หรือปรับเปลี่ยนคำถามได้ อาศัยจากพื้นฐานของคำตอบจากผู้ถูกสัมภาษณ์

คำชี้แจง แสดงความคิดเห็น และวาดภาพแสดงแบบจำลองความคิดของท่าน ลงในที่ว่างได้คำถามแต่ละข้อ พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

1. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่มีความสำคัญอย่างมาก เป็นองค์ประกอบหลักของผิวหนัง ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ทุก ๆ เซลล์ในร่างกายไว้ด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นเนื้อเยื่อ อวัยวะ และร่างกายที่สมบูรณ์ขึ้นมาได้ คอลลาเจนจึงมีปริมาณถึง 1 ใน 3 ของโปรตีนในร่างกาย เพราะเป็นโครงสร้างในส่วนที่ยึดหยุ่นของร่างกาย

เมื่ออายุมากขึ้น คอลลาเจนในร่างกายและผิวหนังจะเสื่อมสภาพไป ร่างกายสร้างคอลลาเจนได้น้อยลง จึงเป็นเหตุให้ผิวหนังเหี่ยวย่น แต่ข้อมูลเรื่องการบริโภคคอลลาเจนจากแหล่งอื่น ๆ จะเสริมสร้างคอลลาเจนในร่างกายได้นั้นเป็นข้อมูลที่บิดเบือนความจริงโดยใช้คำว่า "ช่วยเสริมสร้าง" คอลลาเจนในผิวหนัง ซึ่งไม่ใช่การโกหกแต่อย่างใด เพราะการกินคอลลาเจนร่างกายจะได้รับ.....ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างโปรตีนทุกชนิดรวมทั้งคอลลาเจนด้วย แต่นั่นไม่ได้หมายความว่าสารตั้งต้นที่ได้รับจะถูกนำไปสร้างเป็นคอลลาเจน ในผู้สูงอายุร่างกายมีการสร้างคอลลาเจนที่ผิวหนังน้อยลง ไม่ได้เป็นเพราะขาดโปรตีน ที่เป็นวัตถุดิบในการสร้าง แต่เพราะกลไกต่าง ๆ ในการสร้างคอลลาเจนเสื่อมไปตามอายุ ดังนั้นการกินโปรตีนเพิ่มขึ้นจึงแทบจะไม่ "ช่วยเสริมสร้าง" คอลลาเจนในผิวหนังเลย

จากข้อความข้างต้น นักเรียนคิดว่าหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจนที่ร่างกายสามารถดูดซึมเข้าไปใช้งานให้มีโครงสร้างเป็นแบบใด พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจน



ภาพ 1 แสดงตัวอย่างรูปแบบสอบถามชนิดปลายเปิด

ที่มา : นิโบล สารระ 2562, น. 198

2. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด จะเป็นแบบวัดที่มีลักษณะเป็นข้อคำถามชนิดปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเองได้อย่างอิสระ ข้อคำถามโดยส่วนใหญ่จะให้นักเรียนวาดภาพประกอบกับเขียนบรรยายอธิบายเหตุผล ซึ่งบางครั้งการใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดโดยให้นักเรียนวาดภาพ เพื่อแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดในการตีความของผู้วิจัยได้ ดังนั้นงานวิจัยโดยส่วนใหญ่จะได้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดควบคู่ไปกับการวัดโดยใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติมในสิ่งที่วาด (Park, & Light 2009 ตัวอย่างเช่น ณัชรฤต เกื้อทาน และคณะ (2554) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 211 คน จากโรงเรียนรัฐบาล 5 แห่ง ซึ่ง เป็นคำถามปลายเปิดให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบจำนวน 10 ข้อ

จงวาดภาพแสดงพันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ พร้อมทั้งบอก
ชนิดของพันธะและอธิบายการเกิดพันธะในสารประกอบดังกล่าว

ภาพแสดงพันธะภายในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

คำอธิบาย.....
.....

ภาพ 2 แสดงตัวอย่างรูปแบบคำถามในการวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะเคมี

ที่มา : ณิชชฤต เกื้อทาน และคณะ 2554, น.148

3. การสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์เป็นวิธีการตรวจว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดในเรื่องนั้นๆ หรือไม่ อย่างไร โดยถามคำถามให้นักเรียนอธิบายออกมาเป็นคำพูดโดยใช้ภาษาและความคิดของตนเอง ซึ่งวิธีการวัดโดยใช้การสัมภาษณ์จะทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดมากกว่าวิธีอื่นๆ แต่การสัมภาษณ์จะมีข้อเสียคือใช้เวลาค่อนข้างนานและเหมาะสมกับกลุ่มที่ต้องการศึกษาที่มีจำนวนไม่มากจนเกินไป (Harrison, & Traagust, 1996 as cited in Park, & Light, 2009) โดยแบบสัมภาษณ์ที่นำมาจะมีอยู่หลายประเภท ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามการศึกษางานวิจัยได้ดังนี้

3.1 การสัมภาษณ์โดยใช้รูปภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมจะเป็นการสัมภาษณ์ โดยใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเลือกรูปภาพหรือแบบจำลองที่ตนเองชอบ แล้วจะใช้คำถามในการกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบายถึงเหตุผลในการเลือกแบบจำลองว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนอย่างไร ซึ่งจะทำให้ทราบถึงความเข้าใจที่ลึกซึ้งของผู้เรียน เกี่ยวกับแบบจำลองหรือแนวคิดที่มีความเฉพาะเจาะจง

3.2 การสัมภาษณ์โดยใช้คำถามกระตุ้นและวาดภาพ การสัมภาษณ์แบบนี้จะสามารถทำให้ผู้วิจัยสามารถเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนได้โดยตรงจากการแสดงออกแบบจำลองจากการวาดภาพว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับปรากฏการณ์ของสิ่งที่มีขนาดเล็กมากมองไม่เห็น เมื่อวาดภาพแล้วจะทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมว่าเพราะเหตุใดจึงวาดภาพลักษณะนี้

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดและแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดนั้นจะเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิด ให้นักเรียนอธิบายคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือวาดภาพประกอบอธิบายพร้อมกับเปรียบเทียบกับสาระมาตรฐานการจัดการเรียนรู้ในแบบเรียนและคู่มือครูในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

จากการศึกษาแนวทางการวัดแบบจำลองทางความคิดที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในการวัด ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด การสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างโดยใช้คำถามกระตุ้น และชิ้นงานของนักเรียนในใบกิจกรรม

แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง เรื่อง พันธะโควาเลนต์
(Interview about instances in covalent bond)

ข้อมูลผู้ให้ข้อมูล

หญิง ชาย

การวิเคราะห์จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

ถูกต้องสมบูรณ์ ไม่ถูกต้องแต่สมบูรณ์

ข้อมูลการสัมภาษณ์

สถานที่.....

วันที่..... เวลา.....

คำถามในการสัมภาษณ์

1. นักเรียนรู้จักรูปที่ 1 หรือไม่
2. นักเรียนคิดว่ารูปที่ 1 เป็นโมเลกุลโควาเลนต์หรือไม่
3. ทำไมถึงคิดว่ารูปที่ 1 เป็น/ไม่เป็นโมเลกุลโควาเลนต์
4. รูปที่ 2- 6 ถามเหมือนข้อ 1- 4

ความคิดเห็นของผู้สัมภาษณ์

.....

.....

ภาพ 3 แสดงตัวอย่างรูปแบบคำถามในการสัมภาษณ์

ที่มา : อีรดา ชาตวิวรรณ 2561, น.260

2.4 เกณฑ์การวัดแบบจำลองทางความคิด

เกณฑ์การวัดแบบจำลองทางความคิด เป็นการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนกับข้อกำหนดที่สร้างขึ้นว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในระดับใด ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้เกณฑ์ของ Chi and Roscoe (2000 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007) ได้เสนอแนวคิดแบบจำลองทางความคิด 6 กลุ่มดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
2. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อความ ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน
6. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI)

3.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง

ความหมาย

คำว่า “แบบจำลอง” เป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า “Model” ซึ่งมีความหมายแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้และจากการที่ผู้วิจัยได้ไปศึกษาแบบจำลองจากแหล่งข้อมูลต่างๆ พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านที่ให้ความหมายแบบจำลอง (Model) ไว้ มีดังต่อไปนี้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และคณะ (2587, หน้า 87- 88) ความหมายแบบจำลองไว้ว่า เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์นำไปใช้เพื่ออธิบายหลักการ แนวคิดทฤษฎีหรือกฎ หรือเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบที่นำไปเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

ฮามีตะ มูสอ (2555, หน้า 16) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่นๆ เรียกว่า “เป้าหมาย (Target)” ประกอบด้วย แบบจำลองทางความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

Gilbert and Ireton (2003) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า สิ่งต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่ออธิบายแนวคิด ทฤษฎี กฎ หรือ จากกล่าวได้ว่า แบบจำลอง คือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนระบบอื่นๆ เรียกว่า เป้าหมาย (Target) ได้แก่ ระบบ แนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ ปรากฏการณ์ต่างๆ

Harrison and Treagust (2000 as cited In Davis, et al., 2009) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าเป็นการใช้สัญลักษณ์ รูปร่างที่เสมือนจริงแสดงการทำงานของระบบเพื่อทำให้มีความเด่นชัดและสามารถมองเห็นได้ในส่วนสัญลักษณ์ที่สำคัญๆ ส่งผลต่อการเข้าใจที่ลึกซึ้งและ สามารถนำความรู้ไปอธิบายหรือทำงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

Lee and Kim (2013) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าเป็นสิ่งที่แสดงโครงสร้างทางความคิดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ไว้เพื่อแสดงหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

Schwarz, et al (2009, p. 632) ได้ให้ความหมายแบบจำลองไว้ว่าเป็นสิ่งที่ทำให้เข้าถึงวิทยาศาสตร์และเป็นศูนย์กลางของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

จากความหมายของแบบจำลองข้างต้นสรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของเป้าหมายในการอธิบายแนวคิด ทฤษฎี กฎ เหตุการณ์ กระบวนการหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรงให้สามารถเข้าใจสิ่งเหล่านี้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งการใช้แบบจำลองให้มีประสิทธิภาพควรคำนึงถึงธรรมชาติและข้อจำกัดของแบบจำลองด้วย

ความสำคัญของแบบจำลอง

แบบจำลองมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ (Coll et al. 2006) เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจขึ้นมาและแบบจำลองความคิดนี้นำไปสู่การสร้างสมมติฐานโดยที่นักวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองในการสร้างสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐาน นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังได้ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Gobert and Bluciday, 2000) แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองจึงถือว่ามีสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เข้าใจแนวคิดหรือปรากฏการณ์ทาง

วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาฟิสิกส์และเคมีซึ่งเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและมีแนวคิดที่เป็นนามธรรม (Harrison and Treagust, 1996) ดังนั้นจึงมีการนำแบบจำลองมาใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมและโลกของประสบการณ์จริงทำให้เข้าใจในสิ่งที่ป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้นและมองเห็นเป็นรูปธรรม (Gilbert, 2004) จึงทำให้มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองไว้ดังนี้

อารยา ควัฒน์กุล (2558, น. 16) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองไว้ว่า ในด้านการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์แบบจำลองจะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนมีความคิดและแสดงออกเพื่อนำเสนอในรูปของแบบจำลองต่อสาธารณชนซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจปรากฏการณ์หรือข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ การใช้แบบจำลองในการแสดงออกเพื่อการตรวจสอบการทดลอง โดยเป็นส่วนสำคัญช่วยให้ทำความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Justi และ Gilbert (2002, pp. 369-387) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองไว้ว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนของเอกลักษณ์ในการบรรยายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ทำให้มีเอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรมมีความชัดเจนมากขึ้น เป็นพื้นฐานสำหรับการตีความหมายจากผลการทดลอง ทำให้คำอธิบายได้รับการพัฒนา และเป็นพื้นฐานที่ใช้สำหรับการทำนาย

Schwarz (2009, pp. 632-654) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ความคิดของผู้เรียนมีความชัดเจนและเข้าใจในเนื้อหาสาระ วิธีการ การให้เหตุผล และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์จากการศึกษาความสำคัญของแบบจำลองผู้วิจัยสรุปได้ว่า แบบจำลองจะเป็นสื่อกลางที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่าง ๆ แบบจำลองจะช่วยพัฒนาความเข้าใจปรากฏการณ์ หรือข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่ผู้เรียนจะฝึกกระบวนการทางความคิดตามแนวทางการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากความสำคัญที่กล่าวมาพบว่าทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาถือได้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่จะเป็นตัวแทนของการอธิบายปรากฏการณ์เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางอย่าง การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางอย่างเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ในการสืบสวนค้นหาคำตอบโดยทำให้การอธิบายมีความเข้าใจง่ายขึ้น ซึ่งแบบจำลองจำนวนมากมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เป็นรูปธรรมที่เป็นตัวแทนส่วนหนึ่งของระบบ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจมีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองรถไฟ แบบจำลองแสดงการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ หรือ มีขนาดเท่ากับเป้าหมาย เช่น แบบจำลองร่างกายมนุษย์ หรือมีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองของไวรัส นอกจากนี้แบบจำลองที่เป็นแบบจำลองทางความคิดหรืออาจมีลักษณะ

ผสมผสานระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม เช่น แบบจำลองการกระทำของแรงต่อวัตถุ แบบจำลองอาจจะเป็นระบบเหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆได้

3.2 ประเภทของแบบจำลอง

มีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้จำแนกแบบจำลอง โดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

Gilbert, Boulter และ Elmer (2000) และ Gilbert (2005) ได้จำแนกแบบจำลองตามลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) หมายถึง การเป็นตัวแทนทางสติปัญญาเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้นและอยู่ภายในความคิดของบุคคลนั้น
2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) หมายถึง การเป็นตัวแทนของแบบจำลองทางความคิดที่บุคคลได้สื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้
3. แบบจำลองที่เป็นมติ (Consensus Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงออกซึ่งได้รับการยอมรับจากกลุ่มบุคคลหรือชั้นเรียนที่ศึกษาเรื่องนั้น ๆ จากการได้อภิปรายหรือทำการทดลองจนมีความเห็นร่วมกัน
4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงออกที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์จากการได้ทดสอบด้วยการทดลองและเผยแพร่ผ่านวารสารเชิงวิชาการต่อไป หรือเป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ได้สำรวจตรวจสอบและสร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์เช่น แบบจำลองอะตอมของชโรดิงเจอร์ และแบบจำลองเชื้อไวรัสเอดส์ เป็นต้น
5. แบบแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical Model) หมายถึง แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของบอร์ แบบจำลองการนำไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม เป็นต้น
6. แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร (Curricular Models) หมายถึง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ที่อยู่ในรูปแบบของการทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น
7. แบบจำลองที่ใช้ในการสอน (Teaching Models) หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบแบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร เช่น การใช้แนวเทียบของอะตอมกับระบบสุริยะ เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถพัฒนาได้โดยครูผู้สอนหรือนักเรียน
8. แบบจำลองผสม (Hybrid Models) หมายถึง แบบจำลองที่ครูผู้สอนได้รวบรวมลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตรในบริบทของการสืบสอบซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ใช้สำหรับการเรียนการสอนหรือระบุเพิ่มเติมไว้ในหลักสูตร

Harrison และ Treagust (2000) ได้ศึกษาความเหมือนและความต่างของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานแบบจำลองที่เรียกว่า แบบจำลองเชิงเทียบ (Analogical Models) จนสามารถจัดประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภทรวมแบ่งได้ทั้งหมด 10 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Models) หมายถึง แบบจำลองที่สะท้อนลักษณะทางภายนอก ขนาด สี รูปร่างและโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบจำลอง เช่น แบบจำลอง สัตว์ต่าง ๆ พืช รถยนต์ หรือตุ๊กตาของเล่น เป็นต้น

2. แบบจำลองเชิงเทียบที่ใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Models) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันแบบตำแหน่งต่อตำแหน่งและเน้นที่ลักษณะสำคัญมักทำจากวัสดุ เช่น การใช้วัตถุกลมและแท่งทรงกระบอกเชื่อมต่อกันเป็นแบบจำลองของอะตอมและโมเลกุล เป็นต้น

3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Models) หมายถึงแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการ มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แทนด้วยสัญลักษณ์ CO_2 หรืออยู่ในรูป $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ เป็นต้น

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบและกระบวนการทางกายภาพซึ่งแสดงได้เป็น สมการ และกราฟ เช่น กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันเขียนแทนได้เป็น $F = ma$ หรือกฎของบอยล์เขียนความสัมพันธ์ได้เป็น $K = PV$ เป็นต้น โดยแบบจำลองประเภทนี้มีความเป็นนามธรรม แม่นยำและทำนายได้มากที่สุดจากบรรดาแบบจำลองทั้งหมด และนักเรียนควรที่จะสามารถพูด หรือเขียนอธิบายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้ด้วย

5. แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Models) หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎีเพื่อใช้ในการบรรยายและอธิบาย เช่น การเขียนเส้นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อใช้แทนแรงและโฟตอน เป็นต้น

6. การใช้แผนที่ แผนผังและตาราง (Maps, Diagrams and Tables) หมายถึง แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของแบบแผนเส้นทาง และความสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถสังเกตและจำแนกได้โดยง่าย มีลักษณะเป็นสองมิติ เช่น ตารางธาตุ ผังต้นไม้แสดงวิวัฒนาการ แผนที่อากาศ แผนผังวงจรไฟฟ้า ระบบไหลเวียนโลหิต แผนผังแสดงห่วงโซ่อาหาร เป็นต้น

7. แบบจำลองเชิงมโนทัศน์และกระบวนการ (Concept-Process Models) หมายถึง แบบจำลองที่เน้นการอธิบายกระบวนการในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น สมการรีดอกซ์และสมดุล

ทางเคมี การอธิบายการหักเหของแสงโดยวาดเป็นวงกลมเป็นในลักษณะแถวเรียงกันเคลื่อนที่เปลี่ยนตัวกลางที่ต่างกัน เป็นต้น

8. สถานการณ์จำลอง (Simulations) หมายถึง แบบจำลองที่มีลักษณะเคลื่อนไหวโดยแสดงกระบวนการที่ซับซ้อนและยุ่งยากในการทำความเข้าใจ เช่น การแสดงเที่ยวบินของอากาศยาน ปฏิกริยานิวเคลียร์ การเกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น โดยแบบจำลองนี้มีข้อดีที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สินเนื่องจากเป็นสถานการณ์เสมือน

9. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) หมายถึง แบบจำลองของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการทางสติปัญญา

10. แบบจำลองสังเคราะห์ (Synthetic Models) หมายถึง แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อเรียนจบบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนเปรียบเทียบไขกับชั้นอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถช่วยปกป้องโครงสร้างของมันได้ เป็นต้น

Gilbert et al. (2000) ได้แบ่งแบบจำลองตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองเป็น 5 ประเภทดังนี้

1) แบบจำลองที่เป็นวัตถุ (Concrete model) เป็นการใช้อวัตถุ 3 มิติและทำจากวัสดุที่คงทน เช่น แบบจำลองระบบไหลเวียนเลือดของมนุษย์ที่ทำจากพลาสติกผสมสี

2) แบบจำลองที่เป็นภาษา (verbal model) เป็นการพูดหรือการเขียนที่ประกอบการบรรยายเกี่ยวกับเอกลักษณ์และความสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งที่แสดงแทน

3) แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (symbolic model) เป็นชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์สมการเคมีเช่น กฎของแก๊ส

4) แบบจำลองที่เป็นภาพ (visual model) เป็นการใช้อกราฟแผนผังภาพที่เป็น 2 มิติและภาพเคลื่อนไหวเช่นแผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมี

5) แบบจำลองที่เป็นร่างกาย (gestural model) เป็นการใช้อร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกายในการแสดงเช่นนักเรียนเคลื่อนที่เพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาอิเล็กทรอนิกส์

Nicolaou and Constantinou (2014) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นแบบจำลองที่ได้จากกระบวนการทางปัญญาของบุคคลได้รับประสบการณ์จากสถานการณ์ใหม่ แบบจำลองประเภทนี้จะมีการปรับเปลี่ยนโดยการพิจารณาสถานการณ์เดิมกับสถานการณ์หรือกระบวนการใหม่

2) แบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual models) เป็นแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์กับการพัฒนามโนทัศน์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับแบบจำลองประเภทนี้สร้างขึ้นในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือ สถานการณ์ และนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์และสร้างคำทำนาย

3) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) เป็นแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแทนความคิดที่ได้รับการแปลความหมายมักจะอยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์ และเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาความรู้หรือการทดสอบทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

Jong et al. (2015) จำแนกประเภทของแบบจำลองตามการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) หมายถึง แบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับการอธิบาย

2) แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นคำอธิบายของนักเรียนในปรากฏการณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

3) แบบจำลองที่แสดงออก (Express models) ประกอบไปด้วยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual models) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models)

จากการศึกษาประเภทของแบบจำลอง สามารถสรุปได้ว่า ประเภทของแบบจำลองนั้นมีหลากหลายรูปขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกซึ่งแบบจำลองที่จัดในแต่ละเกณฑ์มีความเชื่อมโยงของแบบจำลองขึ้นอยู่กับการนำไปใช้แต่แบบจำลองมีเป้าหมายเดียวกันคือเพื่อใช้ในการสื่อสาร นำเสนอ อธิบาย ปรากฏการณ์ ทฤษฎี ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยประเภทแบบจำลองที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างแบบจำลอง 2 มิติ ที่มีลักษณะเป็นรูปวาดและคำอธิบาย จะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้

3.3 รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออก

ตามที่ได้ที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่าแบบจำลองความคิดเป็นของเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้น (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) และเป็นสิ่งที่คุณคนอื่นยากจะสามารถเข้าถึงได้ ดังนั้นจึงต้องให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นออกมาผ่านทางแบบจำลองที่ แสดงออก ซึ่งนักเรียนอาจจะมีลักษณะของการแสดงออกได้ในหลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้ (Boulter and Buckley, 2000, p 46-47; Gilbert, 2005, p 13)

1. แสดงออกในลักษณะของรูปธรรม (Concrete or material mode) เป็นการแสดงออก ในลักษณะสามมิติ ซึ่งอาจจะสร้างจากวัสดุที่มีความคงทน เช่น แบบจำลองพลาสติกที่แสดง โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกหรือแบบจำลองของลูกโป่งที่แทนรูปร่างโมเลกุล

2. แสดงออกในลักษณะของภาษา (Verbal mode) เป็นการแสดงออกโดยการบรรยายเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ปรากฏ เช่น ในแบบจำลองโมเลกุลชนิด ball-and-stick อธิบายว่าลูกบอลแทนอะไร เส้นแต่ละเส้นแทนอะไร หรืออธิบายโดยการเปรียบเทียบ เช่นพันธะโคเวนต์เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบตามกฎออกเตตหรืออาจจะแสดงออกได้ทั้งพูดและการเขียน

3. แสดงออกในลักษณะของสัญลักษณ์ (Symbolic mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้ สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมีหรือสมการเคมี เช่น นักเรียนเขียน $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ แทนการเกิดพันธะไอออนิก ในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

4. แสดงออกในลักษณะของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้กราฟ แผนภาพ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพโครงสร้างทางเคมีในลักษณะ 2 มิติ หรือภาพเสมือนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น นักเรียนวาดรูปร่างกลมและอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเพื่อแสดงถึงโครงสร้างผลึกของอะลูมิเนียม

5. แสดงออกในลักษณะของกิริยาท่าทาง (Gestural mode) เป็นการแสดงออกโดยการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง เช่น การจำลองการเคลื่อนที่ของไอออนในกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส โดยให้นักเรียนเดินตามช่องทางที่กำหนด

6. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของรูปธรรม (Concrete mixed) เป็นการแสดงออกด้วยแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับภาพหรือคำพูด และแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น นักเรียนแสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกด้วยแบบจำลองลูกโป่งและมีข้อความติดอยู่ที่ลูกโป่งแต่ละลูกค่าแทนอะไร

7. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาษา (Verbal mixed) เป็นการแสดงออกด้วยข้อความควบคู่กับภาพหรือข้อความควบคู่กับสัญลักษณ์ขององค์ประกอบ เช่น ข้อความอธิบายโครงสร้างของแกรไฟต์ที่สัมพันธ์กับแผนภาพโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์

8. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของสัญลักษณ์ (Symbolic mixed) เป็นการแสดงออกด้วยสมการและสูตรควบคู่กับอธิบาย เช่น สัญลักษณ์ H_2O แทนสูตรโมเลกุลของน้ำประกอบด้วย H 2 อะตอม และ O 1 อะตอม

9. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกด้วยภาพประกอบคำอธิบายหรือภาพควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายประกอบคำอธิบาย

10. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของกิริยาท่าทาง (Gestural mixed) เป็นการแสดงออกด้วยคำอธิบายประกอบท่าทาง เช่น ให้นักเรียนเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ พร้อมกับอธิบายว่าเป็นการเคลื่อนที่ของไอออนในขณะให้นำไฟฟ้า

จากรูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกตามที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองที่แสดงออกในการแสดงแบบจำลองทางความคิดได้ในหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการสร้างความหมายและการสร้างความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคนซึ่งจะแตกต่างกันออกไป ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนจะต้องฝึกการใช้รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกในทุกประเภทเนื่องจากในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องอาศัยแบบจำลองในหลายประเภทเพื่อนำมาใช้ในการทำความเข้าใจและสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจในสิ่งที่เราเข้าใจ

3.4 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นหลายประเภทดังกล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองเหล่านี้ก็มีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้ (Gilbert and Ireton, 2003)

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่นๆ ซึ่งคำว่า “ไม่เป็นของจริง” ในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า “เป็นของปลอม”

2. คำนึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) โดยแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (Simplified) โดยแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน และมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องตีความหมาย (Interpreted) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง เช่น Scale model จะถูกตีความได้ง่ายกว่าแบบจำลองที่เป็นภาพหรือแผนผัง เช่น แผนที่ทางหลวง ผังเมือง เป็นต้น

5. มีความไม่สมบูรณ์ (Imperfect) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะไม่มี ความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

3.5 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.5.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry based instruction)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกระทรวงศึกษาธิการ (2549) ได้ อธิบายความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) ว่าเป็น กระบวนการเรียนรู้ ที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ รวมทั้งใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ เช่น การสำรวจ การสังเกต การวัด การจำแนก ประเภท การทดลอง การสร้างแบบจำลอง การสืบค้นข้อมูลเพื่อค้นหาคำตอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยห้องเรียนแบบสืบเสาะจะต้องมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 5 ประการ ดังนี้¹⁾ นักเรียนมีความสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ใช้ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ 3) นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่มีอยู่ 4) นักเรียนเชื่อมต่อกำอธิบายเข้ากับหลักการความรู้วิทยาศาสตร์และ 5) นักเรียนสื่อสาร ถ่ายทอด และแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของคำอธิบายที่สร้างขึ้น ถ้าหากห้องเรียนที่มีลักษณะครบถ้วนทั้ง 5 ประการ จะจัดเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่สมบูรณ์อย่างเต็มรูปแบบ

3.5.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำให้ความรู้วิทยาศาสตร์เกิดขึ้นและได้รับการยอมรับ (Lederman et al., 2014) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการที่หลากหลายในการศึกษาทั้งการสังเกต การจำแนก การทำนาย การวัด การตั้งคำถาม การตีความและการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วนำเสนอคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานที่ได้มาจากการทำงานที่เกิดขึ้น ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่สามารถนำมาส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจในวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 1996)

งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) โดยที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง (Minner, Levy & Levy, 2010) โดยมุ่งเน้นการทำกิจกรรมที่หลากหลายเกี่ยวกับการสังเกต การตั้งคำถาม การสำรวจตรวจสอบ จากเอกสารและแหล่งความรู้อื่นๆ การวางแผน การสำรวจตรวจสอบ การทดสอบและตรวจสอบหลักฐานเพื่อเป็นการยืนยันความรู้ที่ได้ค้นพบมาแล้ว การใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล รวมไปถึงการวิเคราะห์และการแปล ความหมายของข้อมูล และนำไปสู่การนำเสนอผลงาน การอธิบายและการคาดคะเนตลอดจนการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน

เกี่ยวกับผลงานที่ได้ (National Research Council, 1996) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นี้จะช่วยกระตุ้นนักเรียนให้ตื่นตัวสงสัยใคร่รู้ โดยนักเรียนทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลและหลักฐานอย่างตั้งใจ ส่วนครูผู้สอนทำหน้าที่เตรียมข้อมูลเอกสารความรู้ต่างๆที่มีผู้ศึกษาค้นคว้ามาแล้ว เพื่อช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่หรือเพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และนักเรียนต้องสามารถอธิบายผลงานของตนเองได้อย่างชัดเจนโดยไม่เน้นความจำในเนื้อหาและใช้กระบวนการ กลุ่มในการแสวงหาคำตอบ (Tuamsuk, 2009)

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการสอนที่มีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน (Bogiages & Lotter, 2011; Campbell, Zhang & Neilson, 2011; Khan, 2007; Neilson et al., 2010; Schwarz & Gwekwerere, 2007) ซึ่งเป็นวิธีการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้โดยการสำรวจปรากฏการณ์ การสร้าง และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ (Campbell et al., 2012) โดยนักเรียนได้ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการสืบเสาะหาความรู้กับ เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ในขณะที่เรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีสอดคล้องกับการทำงานของวิทยาศาสตร์นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการสอนที่รวบรวมแหล่งข้อมูลกิจกรรมการเรียนรู้ และกลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายไว้ด้วยกันเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทั้งของตนเองและกลุ่มของนักเรียนเองได้ (Gobert & Buckley, 2000) ซึ่งเป้าหมายหลักของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต้องการให้นักเรียนพัฒนาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการปฏิบัติการทดลอง (Windschitl, Thompson & Braaten, 2008) โดยครูผู้สอนมีบทบาทในการวางแผนให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเองเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล มากกว่าการให้ความสำคัญกับการลงมือปฏิบัติการทดลอง ตามขั้นตอนที่ถูกกำหนดไว้ เพื่อให้ได้ข้อมูลมาสนับสนุนข้อเท็จจริงที่มีอยู่แล้ว (Neilson et al, 2010) ซึ่งในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสะท้อนให้เห็นถึงการสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพทั้ง 5 ลักษณะ ได้แก่ 1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถาม 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่นำมาใช้ในการตอบคำถาม 3) ผู้เรียนอธิบายถึงสิ่งที่ศึกษาจากหลักฐาน 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับหลักการทางวิทยาศาสตร์และ 5) ผู้เรียนสามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้(NRC, 2000) ดังนั้น การส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ลึกซึ้งและเป็นเหตุเป็นผลได้

จากงานวิจัยของ Windschitl and Thompson (2006) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนรู้อธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ นักเรียนจากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการสืบเสาะหา

ความรู้และแบบจำลอง เรียกว่า การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อในการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งได้มีการกำหนดลักษณะของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไว้ 4 ลักษณะ ดังนี้ 1) ควรเริ่มต้นด้วยการนำเสนอปรากฏการณ์ที่มีพื้นฐานมาจากความสนใจ หรือ ประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนความเข้าใจในลักษณะของ แบบจำลองเบื้องต้นได้ 2) การสร้างแบบจำลองเบื้องต้นควรแสดงถึงโครงสร้าง คุณสมบัติ ความสัมพันธ์ หรือ กระบวนการ เพื่อเป็นตัวแทนการอธิบายของปรากฏการณ์และเป็นแนวทางในการตรวจสอบความสัมพันธ์นั้น 3) ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบแบบจำลองควรจะนำมาใช้ในการโต้แย้ง เพื่อประเมินความสัมพันธ์แบบจำลอง 4) ในการประเมินแบบจำลองควรใช้การโต้แย้งมาใช้เพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งสำหรับ การปรับสมมติฐานและความสัมพันธ์ในแบบจำลองเบื้องต้น ต่อมา Windschitl et al. (2008) ได้กำหนดขั้นตอนของการดำเนินการในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การจัดเตรียมพารามิเตอร์ โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ที่จัดเตรียม และขั้นที่สองคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ 2) การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ 3) การค้นหาหลักฐาน 4) การสร้างข้อโต้แย้ง

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI) หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาและหาคำตอบด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่ในการส่งเสริมและช่วยเหลือผู้เรียนผ่านการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ โดยเน้นให้ผู้เรียน ได้สร้าง นำเสนอ ทดสอบ ประเมิน ปรับเปลี่ยน และประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อนำไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้น

3.6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Windschitl et al. (2008) เริ่มต้นจากขั้นการจัดเตรียมพารามิเตอร์ (Setting the general parameters) โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ที่จัดเตรียมแล้วดำเนินขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ และสิ่งที่นักเรียนต้องการรู้ (2) การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (3) การค้นหาหลักฐาน และ (4) การสร้าง ข้อโต้แย้ง ซึ่งขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

3.6.1 ขั้นการจัดเตรียมพารามิเตอร์ ครูผู้สอนจะต้องกำหนดขอบเขตสิ่งที่จะ ทำการศึกษา ซึ่งควรอยู่บนพื้นฐานความสนใจของนักเรียน และมีแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์สนับสนุน

3.6.2 ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนต้องการรู้ (Organizing what students know and what students want to know) หลักการสำคัญที่ครูควรคำนึงถึงมี 2 ประการ ได้แก่ 1) การสำรวจตรวจสอบปฏิบัติการทดลองความมาจากความน่าสนใจของปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง โดยครูควรจัดเตรียมแหล่งความรู้หรือประสบการณ์ที่เป็นตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา เช่น วิดีทัศน์การสาธิต หรือการสร้างแบบจำลองก่อนกิจกรรมการทดลอง เป็นต้น 2) แบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้นควรมีร่องรอยที่แสดงถึงกระบวนการ คุณสมบัติหรือโครงสร้างเพื่อให้นักเรียนนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์เป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

2) การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating testable hypothesis) นักเรียนสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้โดยใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ของกิจกรรมที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้จึงถือเป็นประเด็นที่สำคัญ ประการหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งการตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนมักจะเขียน ดังนี้ “ถ้า [นักเรียนสังเกตหรือจัดการกับเงื่อนไข/สภาวะเหล่านี้] แล้ว [นักเรียนควรจะ สังเกตผลเป็นเช่นนั้น]” แต่อย่างไรก็ตามการตั้งสมมติฐานควรแสดงให้เห็นถึงการแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งภายในแบบจำลองและทำนายผลการทดลองที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นการตั้งสมมติฐานในการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานควรเป็นดังนี้ “ถ้านักเรียนเชื่อว่า [ความสัมพันธ์ที่อยู่ภายใน แบบจำลองของนักเรียน] ดังนั้น เมื่อนักเรียน [สังเกตหรือทดสอบภายใต้เงื่อนไข/สภาวะเหล่านี้] นักเรียนควร จะสังเกตรพบ [ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น]”

3) การค้นหาหลักฐาน (Seeking evidence) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบแบบจำลองเบื้องต้น และใช้ข้อมูลในการระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้โดยข้อมูลจะได้รับการลงมือทำปฏิบัติการทดลอง การศึกษาความสัมพันธ์รวมถึงการสังเกตซึ่งข้อมูลจะกลายเป็นหลักฐานเมื่อนักเรียนนำข้อมูลที่ได้รับการทดลองมาใช้เป็นหลักฐาน ในการสนับสนุนข้อโต้แย้งคำอธิบายหรือข้อกล่าวอ้างของตนเอง

4) การสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an argument) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้สร้างข้อโต้แย้งเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างที่ใช้ในการอธิบายหรือการตั้งสมมติฐานในแบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยที่การโต้แย้งควรมีลักษณะ 4 ประการ ดังนี้ 1) ข้อโต้แย้งสามารถอธิบาย เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจได้ 2) ข้อโต้แย้งต้องเกิดจากการใช้ข้อมูลที่เก็บได้จากการสำรวจตรวจสอบ เป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย 3) ข้อโต้แย้งต้องยอมรับคำอธิบายอื่นๆที่เหมาะสมกับข้อมูล 4) ข้อโต้แย้งควรอธิบายว่า แบบจำลองเบื้องต้นของปรากฏการณ์มีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับหลักฐานอย่างไร

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ ปรับเล็กน้อยจากแนวคิดของ Windschittl et al. (2008) โดยปรับในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1) ขั้นตอนการจัดเตรียมพารามิเตอร์ คือ เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่นๆที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐานสำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาหรือการทดลองหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง

2) ขั้นตอนการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ คือ ขั้นที่มีการนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้กับนักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ

3) ขั้นตอนทดสอบแบบจำลอง คือ ขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดยผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรม

4) ขั้นตอนค้นหาหลักฐาน คือขั้นที่นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1)สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2)แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่ และนักเรียนต้องระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง

5)ขั้นตอนการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน คือ ขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับแก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดยนักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไขแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

6) ขั้นตอนประยุกต์ใช้แบบจำลอง คือขั้นที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

ความสัมพันธ์ระหว่างการสืบเสาะหาความรู้และการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการสืบเสาะหาความรู้รูปแบบหนึ่งที่มีความเหมาะสมสำหรับการอำนวยความสะดวกในเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนผ่านแบบจำลอง (Windschitl et al., 2008) ซึ่งแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพตามที่ NRC (2000) ระบุไว้ ทั้ง 5 ลักษณะ ได้แก่ 1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในตั้งคำถาม 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานที่ใช้ตอบคำถาม 3) ผู้เรียนอธิบายถึงสิ่งที่ศึกษาจากข้อมูลหลักฐาน 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับหลักการและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 5) ผู้เรียนสื่อสารถ่ายทอดและแสดงให้เห็นถึงความเหตุผลผลเกี่ยวกับข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้ดังตารางที่ 1 ดังนั้น การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นที่สนใจและถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาทางวิทยาศาสตร์ เช่น เคมี (Khan, 2007) ชีววิทยา Chabalengula & Mumba, 2012) และฟิสิกส์ (Neilson et al., 2010; Campbell et al., 2011)

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพทั้ง 5 ลักษณะและการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพ	การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในตั้งคำถาม	- นักเรียนมีส่วนร่วมสำหรับการตั้งคำถามได้อย่างอิสระโดยในชั้นการรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ นักเรียนสามารถตั้งคำถามต่อสถานการณ์ที่ตนเองสงสัยหรือให้ความสนใจเพื่อให้ได้ข้อมูลหรือแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนของตนเอง
2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลและหลักฐานที่ใช้ตอบคำถาม	- ในขั้นการค้นหาหลักฐานมีการส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองจากแนวทางในแบบจำลองก่อนเรียนที่นักเรียนออกแบบไว้ค้นหาข้อมูลและหลักฐาน เพื่อนำมาใช้ในการตอบคำถามหรือนำไปใช้ในการอธิบายผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
3) ผู้เรียนอธิบายถึงสิ่งที่ศึกษาจากข้อมูลและหลักฐาน	- นักเรียนนข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้อื่นๆ มาเป็นหลักฐานในการโต้แย้งร่วมกันเพื่อนในชั้นเรียนเพื่อ

การสืบเสาะหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพ	การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
	หาข้อสรุปในการอธิบายความสัมพันธ์ในสถานการณ์
4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับหลักการและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนเชื่อมโยงหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมากับข้อสรุปที่ได้จากการโต้แย้งในชั้นเรียนมาเป็นแนวทางในการปรับแบบจำลองหลังเรียนของตนเอง
5) ผู้เรียนสื่อสารถ่ายทอดและแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลเกี่ยวกับข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้	- นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนการอธิบายความสัมพันธ์ในสถานการณ์ตามความเข้าใจหรือข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
1.ชั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่นๆ ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐานสำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาหรือการทดลองหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง	-
2.ชั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ คือ ขั้นที่มี	การสร้างแบบจำลอง และแสดงแบบจำลอง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐาน	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
<p>การนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ ให้กับนักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่อ อธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถาม ตาม ความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่ง ที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ</p>	
<p>3.ขั้นการทดสอบแบบจำลอง คือ ขั้นที่นักเรียนทำ กิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดย ผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดย นักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบาย สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรม</p>	ทดสอบแบบจำลอง
<p>4. ขั้นการค้นหาหลักฐาน คือขั้นที่นักเรียนประเมิน แบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1)สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ ไว้หรือไม่ 2)แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่ เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่ และนักเรียนต้องระบุ หลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบ สำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง</p>	ทดสอบแบบจำลอง
<p>5.ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน คือ ขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับ แก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดย นักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของ ตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมาก ขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไข แบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือ คำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1</p>	ประเมินแบบจำลอง
<p>6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง คือขั้นที่นักเรียน จะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้</p>	

3.7 บทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนในแต่ละชั้น

จากการศึกษาแนวคิดของ Windschitl et al. (2008) และพิจารณาบทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า ในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมเกือบทุกขั้นตอน ยกเว้นเพียงขั้นการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนจะเป็นดำเนินการวางแผนและเตรียมการไว้ และส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้เป็นอย่างดีดังปรากฏในตารางที่ 3

ตาราง 3 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้	- การวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัด และเนื้อหาในการสอน - กำหนดขอบข่ายเนื้อหา วางแผน และ ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ - เลือกปรากฏการณ์หรือสถานการณ์การทดลองที่เกี่ยวข้อง - จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้วัสดุและอุปกรณ์ ในการจัดการเรียน	-
ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้	- นำเสนอปรากฏการณ์และสถานการณ์ การทดลองที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา - ตั้งประเด็นคำถามจากปรากฏการณ์ และสถานการณ์การทดลองเพื่อ รวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ - ยกตัวอย่างและอธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการสร้างแบบจำลองให้แก่	- นำความรู้และประสบการณ์เดิม ของตนเองสร้างแบบจำลอง (ก่อนการทดลอง) เพื่อทำนายผลการทดลองที่เป็นไปได้หรืออธิบายความสัมพันธ์ในสถานการณ์การทดลอง

การจัดการเรียนรู้ด้วยการ สืบเสาะหาความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐาน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	นักเรียน	
ขั้นการทดสอบแบบ จำลอง	<ul style="list-style-type: none"> - ยกตัวอย่างและอธิบายรูปแบบของ การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบ ได้ - ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียนใน การ ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและ ตัวแปรควบคุม และการตั้งสมมติฐาน 	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้แบบจำลองก่อนการ ทดลองที่สร้างขึ้นเป็น แนวทางในการ ตั้งสมมติฐานที่สามารถ ทดสอบ ได้เพื่อแสดงถึง ความสัมพันธ์ ของตัวแปร ที่ศึกษา
ขั้นการค้นหาหลักฐาน	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียน ช่วยกันออกแบบการทดลองสำหรับ การตรวจสอบความสัมพันธ์ใน แบบจำลองก่อนการทดลองและ ทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ - ให้คำชี้แนะขณะทำการทดลอง เช่น ข้อควรระวังในการทดลอง - ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการอภิปราย ผลการทดลอง 	<ul style="list-style-type: none"> - ค้นหาข้อมูลและหลักฐาน จากลงมือปฏิบัติการ ทดลองตามทีออกแบบด้วย ตนเองเพื่อทำการ ตรวจสอบความสัมพันธ์ใน แบบจำลอง (ก่อน การ ทดลอง) ที่นักเรียนได้สร้าง ไว้แล้วนำผลการทดลองที่ นักเรียนสังเกตได้มาใช้เป็น หลักฐานเพื่ออธิบายผล การทดลอง
ขั้นการสร้างการโต้แย้ง สำหรับการปรับเปลี่ยน	<ul style="list-style-type: none"> - นำเสนอสื่อการเรียนรู้ที่ช่วย สนับสนุนความเข้าใจระดับอนุภาค ให้แก่ นักเรียน - ตั้งคำถามแก่นักเรียนเพื่อเป็น ประเด็นในการโต้แย้ง - สุ่มตัวแทนนักเรียนนำเสนอ แบบจำลองหลังการทดลอง - ร่วมสะท้อนผลการสร้าง 	<ul style="list-style-type: none"> - ประเมินความสอดคล้อง ของ สมมติฐาน และ แบบจำลองก่อนการ ทดลองที่นักเรียนสร้างไว้ ผ่านการโต้แย้งมา ปรับปรุงเป็นแบบจำลอง (หลังการทดลอง) ให้ สอดคล้องกับผลการ

การจัดการเรียนรู้ด้วยการ สืบเสาะหาความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐาน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	แบบจำลอง กับนักเรียน - นำเสนอปรากฏการณ์ที่ได้นำเสนอ ไว้ ก่อนหน้ามาในการอภิปราย เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยง ความเข้าใจจากการเรียนรู้ไปสู่การ อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง	ท ด ล อ ง ห รื อ ก า ร เปลี่ยนแปลง ที่เกิดขึ้น - นำเสนอแบบจำลองของ ตนเองเพื่อแลกเปลี่ยน แนวคิดและสะท้อนผลการ สร้างแบบจำลองกับเพื่อน ในชั้นเรียน
ขั้นการประยุกต์ใช้ แบบจำลอง		-นัก เรี ย น จ ะ ต ้ อ ง น ำ แบบจำลองที่ปรับแก้ไข แล้วไปใช้อธิบายหรือ ทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

จิตติมา ดมหอม (2553) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนา แนวคิดและเจตคติต่อการเรียนเรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 43 คน พบว่า การใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ หลังเรียนของนักเรียนไปเป็นแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้นได้ โดยนักเรียนมีคำร้อยละของแนวคิดที่ถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิดย่อย โดย นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มมากขึ้นและมีความเข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์ร้อยละ 100 และมีเจตคติอยู่ในระดับที่สูง

พลักษณ์ ขวัญใจ (2556) ศึกษาผลของการเรียนรู้โดยใช้การสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักค่านิยมแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โรงเรียนพานทองสหประชาชนูปถัมภ์ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการสร้างค่าอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างค่าอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่า กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 20 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ 0.05

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างจะตอบและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งทางภาคใต้ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 555 เก็บข้อมูลเชิงลึกโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนและบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย ซึ่งทำหน้าที่เป็นครูผู้สอน ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา

ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส และความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร จำนวน 2 โรงเรียน โรงเรียนละ 1 ห้อง ห้องเรียนละ 39 และ 25 คน รวมจำนวนนักเรียน 65 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2551 โดยกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องกรด-เบส แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของ แบบสังเกตการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาที่เกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแล้วเปิดกลุ่มเปรียบเทียบและลงข้อสรุปส่วนข้อมูลเชิงปริมาณใช้การวิเคราะห์ด้วยค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองคุณสมบัติโดยทั่วไปของกรด - เบสหรือเป็นสัญลักษณ์ของกรด - เบสและมีส่วนที่คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนทั้งสองกรณีศึกษามีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องกรด-เบสในห้องเรียนปกติแล้ว 3) นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองสอดคล้องกับความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่มีความ เข้าใจไม่สอดคล้อง โดยเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ลอกเลียนแบบมาจากของจริงมีลักษณะเหมือนของจริง

ทุกประการ แบบจำลองไม่สามารถใช้ ในการทำนายผลการทดลองได้และแบบจำลองสามารถใช้ได้ใน
ทุกๆกรณีไม่มีข้อจำกัด

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้ผู้วิจัยทราบว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เป็นวิธีการที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อ
แสดงความ เข้าใจหรือแนวคิดของตนเอง โดยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวแทน
สำหรับการเรียนรู้และ เป็นแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ของตนเอง (Windschitl et al., 2008;
Neilson et al., 2010) วิธีการ ดังกล่าวจึงได้รับความสนใจและนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้น
เรียน เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ดังเช่นตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

Windschitl et al. (2008) ศึกษาผลของความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา
ความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักศึกษาฝึกประสบการณ์ในการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่
วิชาชีพ โดยใช้ชุดกิจกรรมการศึกษา 5 ชุด เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ลักษณะของการจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ใน
เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ได้อย่างลึกซึ้งและยังรวบรวมเอาลักษณะของความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์ไว้ถึง 5 ประการ ได้แก่ 1) ความรู้สามารถ ทดสอบได้ (Testable) 2) ความรู้สามารถ
แก้ไขหรือปรับปรุงได้ (Revisable) 3) ความรู้สามารถอธิบาย (Explanatory) 4) ความรู้สามารถ
พยากรณ์ได้ (Conjectural) และ 5) ความรู้สามารถสร้างได้ (Generative) โดยความรู้จากการจัดการ
เรียนรู้ดังกล่าวทั้งหมดจะนำเสนอในรูปแบบของแบบจำลอง และผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความ
เข้าใจในลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและ สามารถ
นำวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนให้นักเรียนได้

Neilson et al. (2010) ศึกษาผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชา
ฟิสิกส์เรื่อง แรงลอยตัว ซึ่งเป็นการศึกษารายกรณี (Case study) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถ
พัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายเรื่องแรงลอยตัวได้ นอกจากนี้การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้
แบบจำลองเป็นฐานยังสามารถแก้ไขข้อจำกัดของการสืบเสาะหาความรู้โดยทั่วไปคือ ช่วยส่งเสริมการ
มีส่วนร่วมของนักเรียนในการทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระ

Campbell et al. (2011) ศึกษาผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการจัดการเรียนรู้โดยการ สาธิตและ
บรรยาย (TDL) และการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรงลอยตัว
โดยการทดสอบ 3 ครั้ง ได้แก่ ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียนอีก 1 เดือน ด้วยแบบสำรวจเจตคติ
ทักษะ และความรู้ทางฟิสิกส์ (PASKS) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ทั้ง

2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการสาธิตและบรรยาย (TDL)

Chabalengula and Mumba (2012) ศึกษาผลจากการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐานร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้นตอน (5Es) กับนักศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักศึกษามากกว่าร้อยละ 80 สามารถวาดภาพแสดงโครงสร้างและตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆ ในขาของมนุษย์ได้อย่างถูกต้องมากกว่าก่อนเรียนจากการทดสอบความเข้าใจโมเดลเกี่ยวกับหน้าที่และกลไกการทำงานของขาของมนุษย์ แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักศึกษาเข้าใจตำแหน่งและการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ ในขาของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี

Artdej et al. (2014) ได้ศึกษาความเข้าใจโมเดลของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส กับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดล ผลการวิจัยพบว่าคะแนนความเข้าใจโมเดลของ 25 นักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทั้งความคิด หลักฐาน และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้าง แบบจำลองจนนำมาซึ่งการส่งเสริมความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว จะเห็นว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านปฏิบัติการทดลองให้นักเรียน โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองเพื่อนำข้อมูลจากการทดลองหรือสำรวจตรวจสอบมาเป็นหลักฐานและเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้นๆ ที่นักเรียนศึกษา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยปฏิบัติการครั้งนี้ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

บริบทการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จัดทำขึ้นในโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ผู้วิจัยเป็นครูประจำการ โรงเรียนแห่งนี้ก่อตั้งมามากกว่า 100 ปี มีครูและบุคลากรทางการศึกษาประกอบด้วย ครูประจำการ 12 คน ลูกจ้างชั่วคราว 3 คน นักเรียน 160 คน มีอาคารเรียน 2 หลัง ซึ่งแบ่งเป็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รวม ทั้งหมด 9 ห้อง ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 1 ห้อง ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 1 ห้อง ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ 1 ห้อง หอสมุด 1 ห้อง ห้องประชุม 1 ห้อง และมีโดมอเนกประสงค์สำหรับใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆของโรงเรียน

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ต้องศึกษาในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร ซึ่งกลุ่มเป้าหมายกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 26 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นนักเรียนชายจำนวน 13 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 13 คน ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายโดยนักเรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง เกรดเฉลี่ย 2.00 – 3.00 มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งโรงเรียนมีสื่อการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ เช่น คอมพิวเตอร์ ในการค้นหาข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action research) ผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis (1988 อ้างอิงสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557,149-151) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยมีรูปแบบการวิจัยวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 ผู้วิจัยได้ทำการวางแผน โดยเริ่มจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ทั้งจากการสังเกต การสอบถามข้อมูลจากครูผู้สอน สืบค้นหาสาเหตุของปัญหา

1.2 ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการศึกษาค้นคว้าเอกสาร งานวิจัย หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เพื่อนำข้อมูลมาวางแผนการเพื่อออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รวมไปถึงรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินการในขั้นต่อไป

1.3 ศึกษาและดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

1.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 4 แผน

1.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการวิจัย ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

1.3.3 เครื่องมือในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่ ชิ้นงานแบบจำลอง แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

2. ชั้นปฏิบัติการ (Act)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในขั้นตอนที่ 1 โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 4 แผน การจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาแล้วในขั้นที่ 1 มาดำเนินการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 26 คน ในเวลาเรียนปกติ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง โดยแบ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการจัดเตรียมพารามิเตอร์
2. ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้
3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง
4. ขั้นการค้นหาหลักฐาน
5. ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน
6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

3. ชั้นสังเกต (Observe)

สังเกตกระบวนการในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เครื่องมือที่ผู้วิจัยได้เตรียมไว้ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งผู้วิจัยและนักเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร ในด้านกระบวนการปฏิบัติ ผลของการวิจัยและสภาพแวดล้อมตลอดจนข้อจำกัดของการวิจัย ซึ่งจะสังเกตทั้งสิ่งที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือในการเก็บข้อมูลหลายชนิด ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการการเรียนรู้ ชิ้นงานแบบจำลอง แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

4. ชั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมมาได้จากชั้นที่ 3 มาวิเคราะห์ตรวจสอบและประเมิน เพื่อหาปัญหาข้อจำกัด และจุดที่ต้องพัฒนาปรับปรุง และนำไปปรับปรุงในการวางแผนพัฒนากิจกรรมในวงจรปฏิบัติการต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 4 แผน ใช้เวลาการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งตามวัตถุประสงค์ คือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน ได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยและผู้สะท้อนผลใช้ในการบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ปัญหาเหล่านั้นหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน

2.2.1 แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ใช้วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละบุคคล

2.2.2 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ที่ใช้สัมภาษณ์ตัวแทนนักเรียนที่มีเกณฑ์มีแบบจำลองทางความคิดในระดับที่ถูกต้อง ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ และไม่ถูกต้องตามความคิดของนักเรียนตามแนวคิดของ Chi, & Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) เป็นรายบุคคลใช้เวลาประมาณ 5 – 10 นาที เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิดความจริงหรือไม่

2.2.3 ชิ้นงานของนักเรียน ได้แก่ การวาดรูป 2 มิติ ในระหว่างการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบสนองจุดประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 ส่วนแบบวัดแบบจำลองทางความคิด แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง และชิ้นงานของนักเรียนจะนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบสนองจุดประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 โดยผู้วิจัยได้ทำการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การวิจัยกับเครื่องมือวิจัย แสดงดังตารางที่ 4



ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัยกับเครื่องมือวิจัย

คำถามวิจัย	เครื่องมือวิจัย				วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล
	แผนการจัดการเรียนรู้	แบบสะท้อน	ชิ้นงาน	แบบสัมภาษณ์ แบบวัด	
1.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อนที่จะช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร	✓	✓	✓	✓	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา และตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Resource Triangulation)

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัยกับเครื่องมือวิจัย

คำถามวิจัย	เครื่องมือวิจัย					วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล
	แผนการจัดการเรียนรู้	แบบสะท้อน	ชิ้นงาน	แบบสัมภาษณ์	แบบวัด	
2.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้หรือไม่อย่างไร	✓	✓	✓	✓	✓	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา และตรวจตอบ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้วยวิธีสามเส้า (Method Triangulation)

การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน โดยแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ ได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 4 แผนใช้เวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ปรับปรุงจากตามแนวคิดของ Windchitl, M., et al (2008) มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

1.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1.2.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว21101 เกี่ยวกับตัวชี้วัดที่จะนำมาใช้เป็นเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้

1.2.2 ศึกษาขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง พลังงานความร้อน จากหนังสือรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 2 คู่มือครูรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) เรื่อง พลังงานความร้อน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.2.3 กำหนดเนื้อหาย่อยที่จะใช้ในงานวิจัย เรื่อง พลังงานความร้อน ไว้จำนวน 4 เรื่อง ซึ่งตรงกับตัวชี้วัด ได้แก่ อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร การถ่ายโอนความร้อนในปัจจุบัน เพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 4 แผน

1.2.4 กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน

ตาราง 6 แสดงรายละเอียดชื่อแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการ จัดการ เรียนรู้	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การจัดการเรียนรู้	แบบจำลอง	เวลา (ชั่วโมง)
1	อนุภาคของสสารในแต่ละ สถานะ	- อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึด เหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของ สสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้แบบจำลอง	แบบจำลองอนุภาคของสสาร ในแต่ละสถานะ	3
2	ความร้อนกับการขยายตัว และหดตัวของสสาร	- สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของ สสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน	แบบจำลองความร้อนกับการ ขยายตัวและหดตัวของสสาร	3
3	ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลง สถานะของสสาร	- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนกับการเปลี่ยนแปลง สถานะของสสาร โดยใช้แบบจำลอง	แบบจำลองความร้อนกับการ เปลี่ยนแปลงของสสาร	3
4	การถ่ายโอนความร้อนใน ชีวิตประจำวัน	- สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการถ่ายโอนความร้อนวิธี ต่าง ๆ	แบบจำลองการถ่ายโอนความ ร้อนในชีวิตประจำวัน	3

1.3 ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งในแต่ละแผนการเรียนรู้มีองค์ประกอบ ดังนี้

1.4.1 ชื่อเรื่อง

1.4.2 มาตรฐานการเรียนรู้

1.4.3 ตัวชี้วัด

1.4.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.5 สารสำคัญ

1.4.6 สารการเรียนรู้

1.4.7 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.4.7.1 ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้

1.4.7.2 ขั้นตอนการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้

1.4.7.3 ขั้นตอนการทดสอบแบบจำลอง

1.4.7.4 ขั้นตอนการค้นหาหลักฐาน

1.4.7.5 ขั้นตอนการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน

1.4.7.6 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

1.4.8 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.9 สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้

1.4.10 บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4.11 ใบกิจกรรม

1.4.12 แบบวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน จำนวน 4 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) ศึกษานิเทศก์ที่มีประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน และ 3) ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ มากกว่า 5 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูชำนาญการ จำนวน 1 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมกับเนื้อหา สื่อการสอน เวลาที่ใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลเพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และประเมินคุณภาพ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อ

การสอน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความเห็นและให้คะแนนตามเกณฑ์ การประเมินของลิเคิร์ท (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, หน้า 21) ดังนี้

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

พร้อมทั้งแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนท้ายของการประเมิน เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

1.6 นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบเกณฑ์การแปลความเหมาะสมของ จัดการเรียน (บุญชม ศรีสะอาด, 2544, หน้า 121) ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 คะแนนหมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 คะแนนหมายถึง มีความเหมาะสมมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 คะแนนหมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 คะแนนหมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

เกณฑ์การตัดสินว่าแผนมีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมซึ่งผลการพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยที่ 4.50 อยู่ในระดับความเหมาะสมมาก และได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ คือ ชั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลองควรเลือกสถานการณ์ที่ชัดเจนสามารถแสดงถึงการนำความรู้จากการสร้างแบบจำลองไปใช้ได้จริง ผู้วิจัยดำเนินการปรับแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้จัดการเรียนรู้

1.7 นำคำแนะนำและสิ่งที่ควรไปปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญมาสรุป แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อสรุปจากข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญ

1.8 นำแผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน ที่ผ่านการปรับปรุงพัฒนาแล้วไปปฏิบัติการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

2. แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยและผู้สังเกต ซึ่งเป็นครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่า 5 ปี ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังจากดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้อ

ในห้องเรียนแล้ว เพื่อบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ จุดเด่น จุดด้อย ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

2.2 กำหนดขอบเขตของแบบแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในทักษะแบบจำลองทางความคิดดีขึ้นหรือไม่ ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่าง การจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการเรียนรู้

2.3 สร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งลักษณะของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้เป็นการให้ผู้วิจัยเขียนบรรยายลงในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

2.4 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.5 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.6 นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการบันทึกข้อมูลผลการการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว

3.แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

เป็นข้อสอบที่ใช้ในการวัดการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด ที่ให้นักเรียนวาดรูปและอธิบายคำตอบครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีกระบวนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำราบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายของแบบจำลองทางความคิด แบบวัดแบบจำลองทางความคิดและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบจำลองทางความคิด

3.2 ศึกษาเนื้อหา วิเคราะห์วัตถุประสงค์และจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จาก คู่มือครูรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) เรื่อง พลังงานความร้อน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

3.3 สร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด ตามข้อบ่งชี้เนื้อหา เรื่อง พลังงานความร้อน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย โจทย์ที่กำหนดให้นักเรียนวาดภาพ 2 มิติ และเขียนบรรยายได้ภาพเพื่ออธิบายแบบจำลองทางความคิด

3.4 สร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนตามสภาพจริง (Rubric scoring) ตามแนวคิดของ Chi, and Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) ดังนี้

3.4.1. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model) หมายถึง คำตอบ และรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.4.2. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์

3.4.3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.4.4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบ และรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.4.5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบ และรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อความ ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน

3.4.6. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

3.5 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้ในข้อความ และความสอดคล้องระหว่างข้อความกับการแสดงออกของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

3.6 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้

3.7 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด ที่ผ่านการตรวจและประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์ผลเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง หรือค่า (IOC: Index of Objective Congruence) โดยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ ที่ 0.5 ขึ้นไป และปรับปรุงข้อคำถามที่มีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดมีค่าตั้งแต่ 0.67-1.00

3.8 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง หากไม่มีข้อผิดพลาด จึงดำเนินการจัดพิมพ์เป็นรูปแบบฉบับสมบูรณ์

3.9 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลต่อไป หากคำตอบของนักเรียนไม่ชัดเจนในการนำมาวิเคราะห์ระดับแบบวัดแบบจำลองทางความคิด ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในประเด็นเดียวกับแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเพื่อนำคำตอบที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

4. แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง (Interviews about Instances)

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่มีความน่าสนใจจากการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ได้แก่ นักเรียนที่มีเกณฑ์แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และไม่ถูกต้อง เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิดจริงหรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยจะสัมภาษณ์โดยการสนทนาซักถามโดยให้นักเรียนเลือกรูปภาพที่คิดว่าเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องตามหัวข้อที่กำหนด แล้วจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบายถึงเหตุผลในการเลือกแบบจำลองว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองความคิดของผู้เรียนอย่างไร แล้วนำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์จัดกลุ่มระดับแบบจำลองความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน โดยจะแบ่งคำตอบของนักเรียนออกเป็นเกณฑ์ตามแนวคิดของ Chi, and Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu,2007) ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์

3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อความตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน

4.6. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่ทราบ

ซึ่งมีกระบวนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาหลักการ วิธีการสร้างแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างจากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 กำหนดขอบข่ายของประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์นักเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน โดยการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง

4.3 ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์ เรื่อง พลังงานความร้อน โดยแบบสัมภาษณ์มีตัวอย่างภาพทั้งหมด 10 ภาพ อนุภาคของสสารในแต่ละ สถานะ ความร้อนกับการขยายตัว และหดตัวของสสาร ความร้อนกับการเปลี่ยน สถานะของสสาร การถ่ายโอนความร้อนใน ชีวิตประจำวัน และอื่นๆที่ไม่เกี่ยวกับพลังงานความร้อน พร้อมทั้งกำหนดแนวคำตอบที่ถูกต้อง

4.4 นำแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง เรื่อง พลังงานความร้อน เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความต้องเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง และความเหมาะสมของภาพที่ใช้กับแนวคำตอบ ผลประเมินพบว่า ภาพตัวอย่างจำนวน 9 ภาพมีความเหมาะสม ผู้วิจัยจึงคัดเลือกภาพตัวอย่างที่มีความเหมาะสมจำนวน 8 ภาพ ปรับปรุงแก้ไขให้ภาพมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

4.5 นำแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างที่ได้จำนวน 8 ภาพ ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย ผ่านการเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง พลังงานความร้อน ไปแล้วเพื่อดูความเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

4.6 จัดทำแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง เรื่อง พลังงานความร้อน จำนวน 8 ภาพ สมบูรณ์

4.7 นำแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยให้นักเรียนเลือกตอบว่าในแต่ละภาพเกี่ยวกับพลังงานความร้อนหรือไม่ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อตีความ และสรุปข้อมูลที่ได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดอย่างไร

5. ชิ้นงานแบบจำลอง

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นชิ้นงานของนักเรียนได้แก่ การวาดภาพ 2 มิติ โดยผู้วิจัยนำมาตรวจเพื่อวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อตีความ และสรุปข้อมูลที่ได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดอย่างไร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 รองโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร จำนวน 1 ภาคเรียน นักเรียนจำนวน 26 คน โดยเริ่มเก็บตั้งแต่ดำเนินการจัดกิจกรรมของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยได้ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 4 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan)

ศึกษาสภาพปัญหาการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งของจังหวัดพิจิตร รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วางแผนและออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง พลังงานความร้อน โดยกำหนดจุดประสงค์รองการจัดการเรียนรู้ และดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับค่าเนนการ วิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ พัฒนาและปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ (Act)

1. ปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลและการดำเนินกิจกรรมก่อนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และอธิบายจุดประสงค์ของกิจกรรม ความสำคัญของการจัดกิจกรรม ในครั้งนี้ ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจและร่วมมือในการจัด กิจกรรมเป็นอย่างดี ตลอดการเก็บข้อมูล

2. ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ก่อนการ จัดการเรียนรู้ เป็นรายบุคคล โดยใช้เวลา 60 นาที

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. เก็บข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเนื้อหาย่อยจากชิ้นงานในระหว่างทำ กิจกรรม

ขั้นที่ 3 สังเกต (Observe)

ในระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง พลังงานความร้อน ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ชิ้นงานแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล (Reflect)

เมื่อจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง พลังงานความร้อน เสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการแบบสะท้อนจัดการเรียนรู้มาทำการ สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยสะท้อนผลจากตัวผู้วิจัยเองและจากครูผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้วิจัย จะจะนำผลสรุปที่ได้มาสะท้อนตนเองและวิเคราะห์วิจารณ์ร่วมกับครู ผู้เชี่ยวชาญ การสอน วิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยให้ได้ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติต่อไป

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 อนุภาคของสสาร ในแต่ละสถานะ วงจรปฏิบัติการที่ 2 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวและหด ตัวของสสาร วงจรปฏิบัติการที่ 3 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของ สสาร และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน เมื่อสิ้นสุดทั้ง 4 วงจร ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน หลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับก่อนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นเลือกนักเรียนที่มีความน่าสนใจจาก การวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่อยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดในระดับที่ถูกต้อง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิด

ของ Chi, and Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) โดยการใช้แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง เรื่อง พลังงานความร้อน สัมภาษณ์เป็นรายบุคคล ใช้เวลาประมาณ 5 -10 นาที เพื่อทำความเข้าใจแบบจำลองทางความคิดในเชิงลึกให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังตาราง 7

ตาราง 7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คำถามวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	เวลาที่ใช้
1.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อนที่จะช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ อย่างไร	- แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน - แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	- ผู้วิจัย - ผู้วิจัย ครูผู้ร่วมสังเกต	- ว่างว่างจร - หลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ
2.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้หรือไม่ อย่างไร	- ชิ้นงานนักเรียน (การวาดภาพ 2 มิติ) - แบบวัดแบบจำลองทางความคิด - แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง	- นักเรียน - นักเรียน - นักเรียน	- ว่างว่างจร - หลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ - หลังจบวงจรปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้สรุปเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลและช่วงเวลาที่ใช้เก็บรวบรวม ข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ (Act) ขั้นที่ 3 สังเกต (Observe) และวันที่ 4 สะท้อนผล (Reflect) ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย

วงจรปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้
1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย ครูผู้ร่วม	ระหว่าง การจัดการ เรียนรู้

วจร ปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	ช่วงเวลา ที่ใช้
		สังเกต	
	แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ชิ้นงาน (การวาดภาพ 2 มิติ)	นักเรียน	
2	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความ ร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร		ระหว่าง การจัดการ เรียนรู้
	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย ครูผู้ร่วม สังเกต	
	ชิ้นงาน (การวาดภาพ 2 มิติ)	นักเรียน	
3	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความ ร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร		ระหว่าง การจัดการ เรียนรู้
	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย ครูผู้ร่วม สังเกต	
	ชิ้นงาน (การวาดภาพ 2 มิติ)	นักเรียน	
4	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การถ่าย โอนความร้อนในชีวิตประจำวัน		ระหว่าง การจัดการ เรียนรู้
	แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้	ผู้วิจัย ครูผู้ร่วม สังเกต	
	ชิ้นงาน (การวาดภาพ 2 มิติ)	นักเรียน	
	หลังจบ 4 วงจรปฏิบัติ		
	แบบวัดแบบจำลองทางความคิด		หลังการ จัดการ เรียนรู้
	แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง	นักเรียน	

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้เป็น 4 เครื่องมือ ดังนี้

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

1.1 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ได้เก็บข้อมูลมาแล้ว มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้

1.2 รวบรวมคะแนนของนักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มจำแนกประเภท

1.3. ทำการวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนโดยหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยผลของเครื่องมือ เพื่อดูผลการพัฒนา และเมื่อสิ้นสุดการทดลองนำผลการทดสอบจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดมาหาร้อยละ เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผล

1.4 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอเป็นความเรียง โดยนำรูปแบบคำตอบมาจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด ตามแนวคิด Chi, and Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) ดังนี้

1.4.1. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์

1.4.2. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทาง วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์

1.4.3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการ อธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1.4.4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์

1.4.5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบ และรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อความ ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน

1.4.6. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

2.แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง มีนักเรียนเป็นผู้ให้ข้อมูล โดยผู้วิจัยได้นำ ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และมีความข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง

2.2 จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์โดยการให้รหัสข้อมูลซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงระดับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

2.3 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกันเพื่อต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

2.4 ทำการสรุปข้อมูลตามเกณฑ์แบบจำลองทางความคิด ตามแนวคิดของ Chi, and Roscoe (2000 is cited in Ogan-Bekiroglu, 2007) โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยาย ดังนี้

2.4.1 แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model)

2.4.2 แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (Incomplete connect mental model)

2.4.3 แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model)

2.4.4 แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model)

2.4.5 แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model)

2.4.6 ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response)

3. ชิ้นงานของนักเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลจากชิ้นงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อแสดงถึงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.1 ดำเนินการตรวจชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3.2 รวมคะแนนเพื่อจัดระดับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามแนวคิดของ Chi, and Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu, 2007)

3.3 เปรียบเทียบระดับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ หากผลคะแนนของนักเรียนสูงขึ้นตามชิ้นงานที่ 1, 2,3 และ 4 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้

4. แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ได้นำข้อมูลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้จากการบันทึกของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการ ซึ่งเป็นครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.1 จัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

4.2. จัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับคำถามวิจัยเท่านั้น โดยการให้รหัสข้อมูลซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาแบบจำลองทางความคิด

4.3 จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

4.4 ทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในกรณีที่มีการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญไม่สอดคล้องกัน ให้ผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญร่วมกันอภิปรายผลการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อร่วมกันหาข้อสรุปและนำผลที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) ทั้งในด้านวิธีรวบรวมข้อมูล มีการใช้เครื่องมือมากกว่าหนึ่งเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และด้านของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย อีกทั้งยังใช้การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของงานวิจัยนี้ โดยแบ่งตามคำถามวิจัยดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ควรมีลักษณะอย่างไร จะใช้วิธีการตรวจสอบแบบตามเส้าด้านข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย (Source triangulation) โดยผู้ให้ข้อมูล

จาก 2 แหล่ง ซึ่งบุคคลผู้ให้ข้อมูลในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตที่มีประสบการณ์สอนวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อนได้อย่างไร จะใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านเก็บรวบรวมข้อมูล (Methodological triangulation) โดยจะเห็นว่าผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลหลายชนิด ได้แก่ ชิ้นงานของนักเรียน แบบวัดแบบจำลองทางความคิด และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง จากนั้นสรุปผลและดูทิศทางว่าเป็นไปในทางเดียวกันหรือไม่ อีกทั้งก่อนการนำเครื่องมือไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะทำการตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) ก่อน ซึ่งผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ตรวจสอบก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริง และหลังจากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้จากหลายแหล่งมาวิเคราะห์ ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามหลักวิชาการและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยตามจุดมุ่งหมายของการศึกษา 2 ข้อ ดังต่อไปนี้

1.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร

2.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้หรือไม่ อย่างไร

ตอนที่ 1 แนวทางการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผู้วิจัยได้นำเสนอ ผลการวิจัยตามการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยแบ่งเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ออกเป็นเนื้อหาย่อย 4 เรื่อง 4 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงปฏิบัติการที่ 1 อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ วงปฏิบัติการที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร วงปฏิบัติการที่ 3 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร วงปฏิบัติการที่ 4 การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน โดยผู้วิจัยได้เริ่มกระบวนการวิจัยตามขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการ 4 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Kemmis (1988 อ้างอิงสิรินภา กิจเกื้อกุล, 2557) ได้แก่ ขั้นวางแผน(Plan) ขั้นปฏิบัติ(Action) ขั้นสังเกต(Observe) และขั้นสะท้อนผล(Reflect) เป็นจำนวน 4 วงจร โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินการในแต่ละวงจร ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงปฏิบัติการที่ 1 อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้ทำการวางแผน โดยเริ่มจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ทั้งจากการสังเกต การสอบถามข้อมูลจากครูผู้สอน สืบค้นหาสาเหตุของปัญหา โดยค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการศึกษาค้นคว้าเอกสาร งานวิจัย หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งยังศึกษาถึงหลักสูตรสถานศึกษา โครงสร้างรายวิชา คำอธิบายรายวิชา และตัวชี้วัด

เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลมาวางแผนการเพื่อออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รวมไปถึงรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินการในขั้นต่อไป จากนั้นได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 3 ชั่วโมง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน จากนั้นผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ศึกษานิเทศก์ที่มีประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน และ ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ มากกว่า 5 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูชำนาญการ จำนวน 1 ท่าน เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความเหมาะสมตามโครงสร้าง แล้วนำผลการตรวจสอบและข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความถูกต้องและเหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ พร้อมจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้และเก็บข้อมูลวิจัย ซึ่งได้แก่ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ชิ้นงานแบบจำลอง แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง เรื่อง พลังงานความร้อน โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 ถึง วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2566

2. ขั้นตอนปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลและการดำเนินกิจกรรมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และอธิบายจุดประสงค์ของกิจกรรม ความสำคัญของการจัดกิจกรรม ในครั้งนี้ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจและร่วมมือในการจัด กิจกรรมเป็นอย่างดีตลอดการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ก่อนการจัดการเรียนรู้ เป็นรายบุคคล โดยใช้เวลา 60 นาที ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ตามแผนที่ได้วางไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. **ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์** เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐาน

สำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาหรือการทดลองหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง

ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้และกำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องแบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยให้นักเรียนดูภาพและออกแบบลักษณะอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆที่มีการจัดเรียงอนุภาคในลักษณะที่แตกต่างกัน พร้อมกับวาดภาพอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ พร้อมทั้งวิเคราะห์แบบจำลองของตนเองและของเพื่อนในห้อง จากนั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน เพื่อเป็นการประเมินแบบจำลองเริ่มต้น (Initial Model)

2. ขั้นตอนการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ เป็นขั้นที่มีการนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ

ผู้วิจัยทำเสนอภาพแก้วกาแฟที่มีน้ำกาแฟที่มีควันให้นักเรียนดูแล้วใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาในการกระตุ้นให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง 2 มิติของตนเอง ดังนี้ “นักเรียนรู้หรือไม่ว่า จากภาพ มีสถานะของสารอะไรอยู่บ้าง” และ “จากภาพสสารในสถานะต่างๆมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคเป็นแบบใด” ผู้วิจัยชี้แจงว่า “วันนี้เราจะทำกิจกรรมเกี่ยวกับอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ” จากนั้นผู้วิจัยให้ นักเรียนแต่ละคนวาดแบบจำลองลักษณะอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆที่มีการจัดเรียงอนุภาคในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยการวาดภาพ 2 มิติ ลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง อนุภาคแสนซน 1 จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง (ภาพวาด 2 มิติ) ของตนเองหน้าชั้นเรียน และให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้ได้ประเด็นในการรวบรวมข้อมูลในขั้นการทดสอบแบบจำลอง

3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดยผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรม

หลังจากนักเรียนได้สร้างแบบจำลองของตนเองโดยการวาดภาพ 2 มิติ นักเรียนแต่ละคนแต่ละคนรวบรวมข้อมูลการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่(ครูเตรียมไว้ให้ เช่น PhEt สถานการณ์จำลองการจัดเรียงอนุภาค แอปพลิเคชัน AR วิทยาศาสตร์มัธยมต้น และเว็บไซต์ต่างๆ เป็นต้น หลังจากนั้นนักเรียนและผู้วิจัยอภิปรายร่วมกันในเรื่อง การจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

4. ขั้นการค้นหาลักษณะ เป็นขั้นที่นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1) สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2) แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่ และนักเรียนต้องระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง

ครูจะต้องให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ โดยนักเรียนแต่ละคนเปรียบเทียบแบบจำลองอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆของตนเองกับที่นักเรียนไปรวบรวมข้อมูลปรับเพื่อเปลี่ยนแบบจำลองของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) แบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียนวาดสามารถอธิบายจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้หรือไม่ 2) การจัดเรียงของอนุภาคในสถานะต่างๆเป็นแบบใด 3) แรงยึดเหนี่ยวของสถานะใดมีมากที่สุด และ 4) การเคลื่อนที่ของแต่ละสถานะเป็นแบบใด หลังจากนั้นนักเรียนต้องระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขในรูปแบบจำลองของตนเองและระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในแหล่งต่างๆที่ได้สืบค้นมาแล้วที่ใช้สำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้น

5. ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับแก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดยนักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไขแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (หลักฐาน/ข้อมูล) มากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดี โดยให้วาดภาพแบบจำลอง เรื่องอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆ ใหม่ โดยผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น โดยปรับแก้แบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้

6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันในใบกิจกรรม จากนั้นนักเรียนกับผู้วิจัยได้ร่วมกันอภิปราย เรื่อง สสารในสถานะต่างๆมีการจัดเรียงตัวของอนุภาค

3.ขั้นสังเกต(Observe) และ ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

1.ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ จากแบบสะท้อนการจัดการการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางคนไม่ตั้งใจฟังเมื่อผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์และแนวทางการจัดกิจกรรม ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยควรกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน และมีการถาม-ตอบนักเรียนเพื่อให้นักเรียนตั้งใจฟัง

2.ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ จากแบบสะท้อนการจัดการการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถวาดภาพแบบจำลองของอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะได้ และยังไม่เข้าใจการวาดอนุภาคของสสาร

...นักเรียนบางคนไม่สามารถวาดแบบจำลองของอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะได้

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

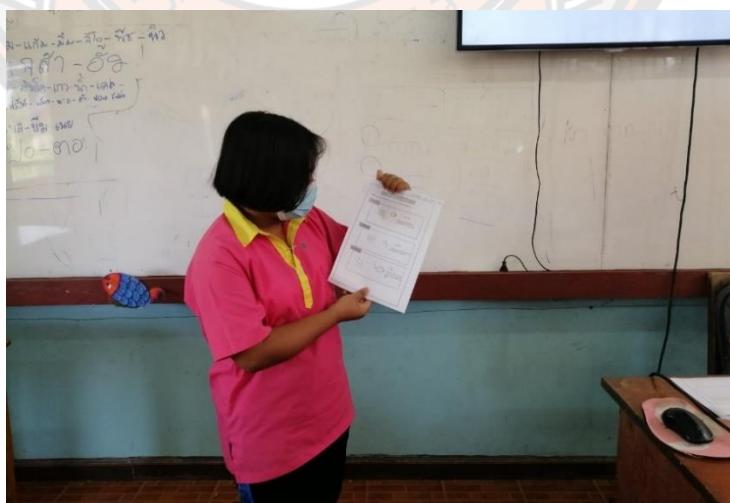
...นักเรียนบางคนวาดภาพตัวอย่างของสถานะของสารแทนการวาดอนุภาค

(ผู้วิจัย,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

เมื่อให้นักเรียนออกมาแนะนำเสนอแบบจำลองของตนเองเพื่อให้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลอง เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้ได้ประเด็นในการรวบรวมข้อมูลในขั้นการทดสอบแบบจำลอง

...นักเรียนที่นั่งฟังเพื่อนนำเสนอในครั้งต่อไปควรให้นักเรียนเป็นผู้ถามคำถามเพื่อน เพื่อจะได้ตั้งใจฟัง การนำเสนอมากยิ่งขึ้น

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 4 การนำเสนอแบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียน เรื่อง การจัดเรียงอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยควรอธิบายคำถามในใบกิจกรรมให้ชัดเจนและกำหนดอนุภาคของสสารแทนด้วยวงกลมเพื่อให้นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองของสสารในแต่ละสถานะได้ และในการนำเสนอผู้วิจัยควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอมากยิ่งขึ้น

...ควรกำหนดอนุภาคของสสารในใบกิจกรรมด้วยวงกลม

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

3.ขั้นการทดสอบแบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า ผู้วิจัยมีเตรียมแหล่งข้อมูลในการสืบค้นที่มีความน่าเชื่อถือและมีความหลากหลายพร้อมทั้งเห็นภาพชัดเจน เช่น การจัดเรียงอนุภาคของสสารทั้ง 3 สถานะ ครูได้ใช้สถานการณ์จำลอง PHET ในการเป็นตัวเลือกให้นักเรียนได้เห็นภาพการจัดเรียงอนุภาคของสสารได้ชัดเจน

...ผู้วิจัยมีการนำเสนอแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เช่น สถานการณ์จำลอง PHET ในการเป็นตัวเลือกให้นักเรียนได้เห็นภาพการจัดเรียงอนุภาคของสสารได้ชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้รับข้อมูลที่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยมีเตรียมแหล่งข้อมูลในการสืบค้นที่มีความน่าเชื่อถือและมีความหลากหลายพร้อมทั้งเห็นภาพชัดเจน และผู้วิจัยควรกำหนดเวลาและบอกนักเรียนอย่างชัดเจนในการสืบค้นข้อมูล ผู้วิจัยยังขาดการควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียน ทำให้นักเรียนใช้เวลามากในการทดสอบแบบจำลอง ซึ่งควรกำหนดเวลาและบอกเวลานักเรียนอย่างชัดเจน

...ควรกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจนในครั้งต่อไป

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

4. ขั้นการค้นหาหลักฐาน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายได้ และบางส่วนไม่สามารถอธิบายได้และใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถร่วมกันอธิบายได้อย่างถูกต้องและระบุหลักฐานในการปรับแก้แบบจำลองได้ชัดเจนได้

...นักเรียนส่วนมากสามารถระบุหลักฐานในการปรับแก้ได้แต่มี บางคนไม่สามารถระบุหลักฐานในการปรับแก้ได้

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2566)

5. ขั้นตอนการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถความรู้ที่ได้มาเขียนแบบจำลองของตนเองได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

...นักเรียนส่วนมากปรับแก้แบบจำลองได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

6. ขั้นตอนประยุกต์ใช้แบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า เมื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติของตนเองแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนนำความเข้าใจจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำโจทย์เกี่ยวกับการจัดจัดเรียงอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดแบบจำลองและอธิบายแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่มีนักเรียนบางคนยังไม่สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของตนเองไปอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้

...นักเรียนบางคนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากแบบจำลองไปอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยควรมีการใช้คำถามในใบกิจกรรมให้ชัดเจนมากกว่านี้ เพราะนักเรียนบางคนยังงงกับคำถามทำให้ต้องถามซ้ำ หรือควรอธิบายคำถามก่อนที่จะให้นักเรียนทำกิจกรรมและอธิบายคำจำกัดความเพิ่มเติมจากใบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจคำถามก่อนที่จะลงมือทำ

...ควรอธิบายคำถามให้นักเรียนเข้าใจก่อน เพื่อป้องกันการถามซ้ำ

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

...นักเรียนไม่ค่อยเข้าใจคำถามในใบกิจกรรมและชอบถามในระหว่างการทำกิจกรรม ซึ่งครั้งต่อไปควรอธิบายรายละเอียดให้นักเรียนเข้าใจก่อนการทำกิจกรรม

(ผู้วิจัย,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

จากผลการสะท้อนโดยครูผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัย ทำให้ทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่องอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

ข้อดี

1. นักเรียนได้รู้จักการใช้เทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้
2. นักเรียนสนุกและตื่นตัวกับสถานการณ์จำลอง ทำให้กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน
3. นักเรียนมองภาพการจัดเรียงอนุภาคได้ชัดเจน

ปัญหาและข้อควรปรับปรุง

1. ผู้วิจัยควรให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นรายบุคคลในการทบทวนความรู้ที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้
2. ผู้วิจัยควรชี้แจงรายละเอียดวัตถุประสงค์และกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนเข้าใจก่อนทำกิจกรรมทุกครั้ง
3. ผู้วิจัยควรใช้คำถามเพื่อเป็นการกระตุ้นและแนะนำให้นักเรียนตอบคำถามด้วยตนเอง ไม่ควรบอกคำตอบตรงๆ
4. ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมที่ชัดเจน
5. ผู้วิจัยควรมีการตั้งคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปยังคำถามที่เชื่อมโยงกับเนื้อหา
6. ผู้วิจัยควรใช้คำอธิบายในใบกิจกรรมให้ละเอียดและชัดเจนมากกว่านี้
7. เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนยังไม่มี ความเหมาะสมกับกิจกรรม
8. ผู้วิจัยควรให้นักเรียนในห้องเรียนได้มีส่วนร่วมในการนำเสนอของเพื่อร่วมชั้น

จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ไม่ดีพอ เนื่องจากผู้วิจัยยังขาดความชำนาญในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวาดแบบจำลอง 2 มิติ และยังเป็น การบอกคำตอบนักเรียนมากกว่าเป็นการแนะนำให้นักเรียนคิดเอง อีกทั้งในการทำกิจกรรมยังไม่มี การชี้แจงรายละเอียดก่อน ไม่ว่าจะ เป็นเวลาในการทำกิจกรรม การอธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการทำกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจและทำกิจกรรมไม่ตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งทำให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้เวลาเกิน ตลอดจนการใช้เวลาในการสอนแต่ละชั้นยังมีความเลื่อมล้ำ ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ นอกจากนี้กิจกรรมการนำเสนอแบบจำลอง 2 มิติและอภิปรายหน้าชั้นเรียน นักเรียนที่นำเสนอยังไม่ค่อยมีความมั่นใจในการนำเสนอ และอธิบายไม่ค่อยละเอียด ไม่ได้สรุปใน ความสำคัญ ผู้วิจัยจึงควรในแนวทางในการนำเสนอเพื่อให้นักเรียนนำเสนอได้ครบถ้วน และสร้างบรรยากาศความเป็นกันเองในชั้นเรียนโดยพยายามหาของรางวัลมาใช้เป็นแรงจูงใจในการถาม-ตอบ เพื่อให้นักเรียนที่นั่งหลังห้องเกิดความกระตือรือร้นสนใจฟังสิ่งที่ผู้วิจัยพูดและสิ่งที่เพื่อนนำเสนอ และผู้วิจัยควรให้ความสำคัญกับการทบทวนความรู้

พื้นฐานของนักเรียนและความรู้ที่จำเป็นในการวาดแบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและวาดแบบจำลอง 2 มิติได้

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงปฏิบัติการที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร

ในวงปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้นำผลจากการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในวงปฏิบัติการที่ 1 มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน(Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต(Observe) และขั้นสะท้อนผล(Reflect) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2566 โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานและการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผู้วิจัยศึกษาสถานการณ์ที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่จะนำมากระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการที่จะศึกษาและค้นหาคำตอบมากขึ้น

1.2 ปรับกิจกรรมการเรียนรู้โดยสร้างบรรยากาศเป็นการเองในชั้นเรียน ผู้วิจัยพยายามหาของรางวัลมาใช้เป็นแรงจูงใจในการถาม – ตอบ เช่นถ้านักเรียนคนไหนตอบถูกจะได้กินน้ำปั่นฟรี 1 แก้วในตอนพักเที่ยง อีกทั้งปรับการนั่งกลุ่มโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเวียนตำแหน่งการนั่ง ขยับเด็กหลังห้องมาข้างหน้าห้อง เพื่อให้นักเรียนกลุ่มที่นั่งหลังห้องเกิดความกระตือรือร้นสนใจฟังในสิ่งที่ผู้วิจัยพูด และสิ่งที่เพื่อนนำเสนอ

1.3 ครูกำหนดแนวทางในการนำเสนอแบบจำลอง ชี้แจงให้นักเรียนทราบเพื่อให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองได้อย่างครบถ้วน และตรงประเด็น

1.4 ผู้วิจัยปรับคำอธิบายในใบกิจกรรมให้ชัดเจนเพราะให้นักเรียนเข้าใจคำชี้แจงมากขึ้น

1.5 ผู้วิจัยปรับเปลี่ยนวิธีการทบทวนเนื้อให้เป็นรายบุคคลแทนการทบทวนเป็นรายกลุ่ม

1.6 ผู้วิจัยปรับเปลี่ยนการทำงานของนักเรียน โดยให้นักเรียนได้ทำงานเป็นรายกลุ่มมากขึ้น เพื่อประหยัดเวลาในการทำกิจกรรมและทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น

2. ขั้นปฏิบัติ (Action)

1.ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ พารามิเตอร์ เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้

แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐานสำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาหรือการทดลองหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง

ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้และกำหนดโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยให้นักเรียนดูภาพและออกแบบความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร พร้อมทั้งวาดภาพความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร พร้อมทั้งวิเคราะห์แบบจำลองของตนเองและของเพื่อนในห้อง จากนั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน เพื่อเป็นการประเมินแบบจำลองเริ่มต้น (Initial Model)

2. ขั้นตอนการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ เป็นขั้นที่มีการนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้กับนักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ

ผู้วิจัยนำเสนอภาพบอลลูนที่ลอยอยู่ให้นักเรียนดูแล้วใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาในการกระตุ้นให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง 2 มิติของตนเอง ดังนี้ “นักเรียนเคยเห็นภาพนี้หรือไม่” และ “นักเรียนคิดว่า บอลลูนลอยอยู่ในอากาศได้อย่างไร” ผู้วิจัยชี้แจงว่า วันนี้เราจะทำกิจกรรมเกี่ยวกับผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของสสารในแต่ละสถานะ จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนวาดแบบจำลองผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของสสารในแต่ละสถานะ โดยการวาดภาพ 2 มิติลงในใบงานที่ 2.1 เรื่อง ความร้อนส่งผลต่อสารแต่ละสถานะอย่างไร 1 จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง (ภาพวาด 2 มิติ) ของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยกำชับให้นักเรียนตั้งใจฟังเพื่อนนำเสนอ และให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้ได้ประเด็นในการรวบรวมข้อมูลในขั้นการทดสอบแบบจำลอง

3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดยผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรม

หลังจากที่นักเรียนได้วาดแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองแล้ว ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มนักเรียน และจัดตำแหน่งที่นั่งแต่ละกลุ่มใหม่ โดยเวียนกลุ่มหลังห้องมานั่งหน้าห้อง และคละความสามารถในแต่ละ

กลุ่มโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม จากนั้นให้แต่ละกลุ่มร่วมศึกษาขั้นตอนการทำกิจกรรมของกลุ่มตนเอง โดยให้กลุ่มที่ 1 และ 2 ทำกิจกรรมตอนที่ 1 ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศ โดยนักเรียนดำเนินการทำกิจกรรมตามขั้นตอนโดย ครอบลูกโป่งบนปากขวดแก้วหรือพลาสติกให้มีอากาศภายในลูกโป่งเล็กน้อย สังเกตและบันทึกผล ต่อบรรยากาศที่รอบด้วยลูกโป่งไปวางในน้ำร้อน สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง และย้ายขวดแก้วใบเดิมไปวางในน้ำแข็ง สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง และบันทึกผล กลุ่มที่ 3 และ 4 ทำกิจกรรมตอนที่ 2 ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ โดยใส่น้ำสีลงในขวดรูปกรวย 2 ใบ จนเต็ม เสียบหลอดน้ำแก๊สลงในจุกยางแล้วนำไปปิดขวดรูปกรวยให้แน่น โดยให้หลอดน้ำแก๊สลอยสูงจากก้นขวดประมาณ 2-3 เซนติเมตร บันทึกระดับความสูงของน้ำสี จากนั้นนำขวดรูปกรวยใบที่ 1 ไปให้ความร้อนส่วนใบที่ 2 นำไปแช่ในน้ำแข็งเป็นเวลา 3 นาทีวัดระดับความสูงของน้ำสี แล้วบันทึกผล กลุ่มที่ 5 และ 6 ทำกิจกรรมตอนที่ 3 ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเหล็ก โดยนักเรียนนำลูกกลมเหล็กสอดผ่านวงแหวนเหล็ก ต่อมาให้ความร้อนแก่ลูกกลมเหล็กโดยใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ประมาณ 4 นาที นำลูกกลมเหล็กที่ร้อนสอดผ่านวงแหวนเหล็กอีกครั้ง ต่อมานำลูกกลมเหล็กไปแช่น้ำแข็ง ประมาณ 1 นาที นำลูกกลมเหล็กที่แช่น้ำแข็งแล้วสอดผ่านวงแหวนเหล็กอีกครั้ง ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของลูกกลมเหล็กผ่านวงแหวนเหล็ก แล้วบันทึกผล หลังจากนั้นสุ่มตัวแทนนักเรียน 3 กลุ่ม ออกมาสรุปผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน นักเรียนและผู้วิจัยร่วมกันอภิปรายว่า เมื่อแก๊ส ของเหลว และของแข็ง ได้รับความร้อนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นและขยายตัว เนื่องจากอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆ เคลื่อนที่หรือสั่นเร็วขึ้นและอยู่ห่างกันมากขึ้น เมื่อสสารในแต่ละสถานะสูญเสียความร้อนจะมีปริมาณลดลงและหดตัวเนื่องจากอนุภาคของสสารเคลื่อนที่หรือสั่นช้าลงและอยู่ใกล้กันมากขึ้น ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสสาร

4. ขั้นการค้นหาลักษณะ เป็นขั้นที่นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1) สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2) แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่ และนักเรียนต้องระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง

ครูจะต้องให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ นักเรียนแต่ละคนเปรียบเทียบแบบจำลองความร้อนส่งผลต่อสสารแต่ละสถานะของตนเองกับที่นักเรียนไปรวบรวมข้อมูลจากขั้นที่ 3 ลงในใบกิจกรรมที่ 2.2 ปรับเพื่อเปลี่ยน ในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2) แบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียนวาดสามารถความร้อนส่งผลต่อสสารแต่ละสถานะได้หรือไม่ หลังจาก

นั้นนักเรียนระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขในรูปแบบจำลองของตนเองและระบุหลักฐาน/ข้อมูลที่ได้จากการกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้น

5. ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับแก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดยนักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไขแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (หลักฐาน/ข้อมูล) มากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดี โดยให้วาดภาพแบบจำลองเรื่อง ความร้อนส่งผลต่อสารแต่ละสถานะอย่างไรใหม่ โดยผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการปรับแก้ไขแบบจำลองของตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถปรับแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นดียิ่งขึ้น โดยปรับแก้ไขแบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้

6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันในใบกิจกรรม จากนั้นนักเรียนกับผู้วิจัยได้ร่วมกันอภิปราย เรื่อง การหดและขยายตัวของสารเกิดขึ้นได้อย่างไร

3. ขั้นสังเกต (Observe) และ ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

1. ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ จากแบบสะท้อนการจัดการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางคนไม่ตั้งใจฟังเมื่อผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์และแนวทางการจัดกิจกรรม

ผลการสะท้อนการจัดการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยควรกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน และมีการถาม-ตอบนักเรียนเพื่อให้นักเรียนตั้งใจฟัง ผู้วิจัยควรมีรางวัลในการตอบคำถาม

2. ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ จากแบบสะท้อนการจัดการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถวาดภาพแบบจำลองความร้อนส่งผลต่อสารแต่ละสถานะได้

...นักเรียนบางคนไม่สามารถวาดแบบจำลองความร้อนส่งผลต่อสารแต่ละสถานะได้

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

...นักเรียนตั้งใจเรียน ให้ความสนใจกับคำถามของคุณ

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

เมื่อให้นักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลองของตนเองเพื่อให้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลอง เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้ได้ประเด็นในการรวบรวมข้อมูลใน ขั้นการทดสอบแบบจำลอง

...นักเรียนตั้งใจฟังเพื่อนนำเสนอมากขึ้น มีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยต้องนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเริ่มต้นได้ ผู้วิจัยควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบหรือแนวความรู้เดิมออกมา โดยคำถามที่นำมา จะต้องชัดเจนตรงประเด็น เป็นคำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ครูควรหาคลิปวิดีโอหรือข่าวที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และมีการตั้งคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การวาดภาพแบบจำลองเริ่มต้น 2 มิติ ของนักเรียน

...ผู้วิจัยให้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบของนักเรียนออกมาว่า “นักเรียนคิดว่า บอลลูนลอยอยู่ในอากาศได้อย่างไร” และถามนักเรียนอีกว่า จากภาพบอลลูนที่ลอยคิดว่ามีปัจจัยอะไรที่ทำให้บอลลูนลอยได้ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ สรุปแล้วครูให้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบออกมาได้ดีเพื่อแสดงแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง นอกจากนี้ กิจกรรมในขั้นนี้ ยังช่วยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนได้ดี

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

3.ขั้นการทดสอบแบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองทั้ง 3 ตอนได้อย่างถูกต้อง และมีกรอภิปราย ผลการทดลองร่วมกันทั้งภายในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม และระหว่างครูกับนักเรียน แต่มีนักเรียนบางกลุ่ม แบ่งหน้าที่ไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน จึงทำให้ทำการทดลองล่าช้ากว่ากำหนด

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้วิจัยควรแนะนำให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มและบอกเวลานักให้ชัดเจนในการทำการทดลอง ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้เกิดแนวคิดที่ถูกต้องและทำให้นักเรียนนำแบบจำลองไปปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้อง

...ครูควรแนะนำให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันในแต่ละกลุ่มเพื่อให้การทดลองเสร็จทันเวลาที่กำหนด

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

4. ขั้นการค้นหาหลักฐาน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายได้ และบางส่วนสามารถอธิบายได้ใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถร่วมกันอธิบายได้อย่างถูกต้องและระบุหลักฐานในการปรับแก้แบบจำลองได้ชัดเจนได้

...นักเรียนส่วนมากสามารถระบุหลักฐานในการปรับแก้ได้แต่มี บางคนไม่สามารถระบุหลักฐานในการปรับแก้ได้

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

5. ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถความรู้ที่ได้มาเขียนแบบจำลองของตนเองได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

...นักเรียนส่วนมากปรับแก้แบบจำลองได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า เมื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติของตนเองแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนนำความเข้าใจจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำโจทย์เกี่ยวกับการการหดและขยายตัวของสารเกิดขึ้นได้อย่างไรปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆในโจทย์ได้ แต่มีนักเรียนบางคนยังไม่สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของตนเองไปอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้

...นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆในโจทย์ได้

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้แบบจำลอง 2 มิติของตนเองอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้ ดังภาพ 5



ภาพ 5 นักเรียนทำใบกิจกรรม

จากผลการสะท้อนโดยครูผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัย ทำให้ทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

ข้อดี

1. นักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลอง 2 มิติของนักเรียนได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้นและนำเสนอแบบจำลองได้ด้วยความมั่นใจ
2. นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลายไม่น่าเบื่อ ได้ลงมือปฏิบัติจริง
3. นักเรียนได้ฝึกทำงานเป็นกลุ่ม
4. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น
5. ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศความสนุกสนานภายในห้องเรียน

ปัญหาและข้อควรปรับปรุง

1. ผู้วิจัยควรจัดกลุ่มใหม่ทุกครั้งที่มีกิจกรรมการทดลอง
2. ผู้วิจัยต้องนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเริ่มต้น
3. ผู้วิจัยควรแนะนำให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มและบอกเวลานักเรียนให้ชัดเจนในการทำการทดลอง

4. ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจนมากกว่านี้
5. ผู้วิจัยควรกำชับให้นักเรียนเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ไม่คัดลอกงานกัน
6. ผู้วิจัยควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นและแนะนำให้นักเรียนตอบคำถามด้วยตนเอง ไม่ควรบอกคำตอบตรงๆ

จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับวงจรปฏิบัติการที่ 1 เนื่องจากผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้ได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบได้มากขึ้น อีกทั้งนักเรียนยังได้ทำกิจกรรมที่มีความหลากหลาย ได้ลงมือปฏิบัติจริงในการทดลองทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหากับแบบจำลองได้ดี ตลอดจนในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นักเรียนช่วยเหลือกันมากขึ้นแต่ยังมีบางกลุ่มที่ยังไม่ได้แบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มทำให้ทำกิจกรรมไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้นำผลจากการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน(Plan) ขั้นปฏิบัติ(Action) ขั้นสังเกต(Observe) และขั้นสะท้อนผล(Reflect) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2566 โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานและการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผู้วิจัยศึกษาสถานการณ์ที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่จะนำมากระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการที่จะศึกษาและค้นหาคำตอบมากขึ้น

1.2 ปรับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเวลา ศึกษากิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมให้สอดคล้องกับการกำหนดเวลา เนื่องจากในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีขั้นตอนการทดลองที่ต้องใช้เวลาในการดำเนินการจึงทำให้เวลาไม่เพียงพอสำหรับกิจกรรมการทดลอง

1.3 จัดกลุ่มการทดลองให้กับนักเรียนใหม่อีกครั้ง โดยลดความสามารถนักเรียนและจัดกลุ่มให้มีความหลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้ทำงานกับเพื่อนคนอื่นๆ ภายในห้อง สร้างบรรยากาศใหม่ๆ ใน

การทำกิจกรรม เนื่องจากการทำกาทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พบว่า นักเรียนบางส่วนขาดความกระตือรือร้นในการช่วยเพื่อนทำการทดลองเพราะเห็นว่าเพื่อนในกลุ่มสามารถทำการทดลองได้

2. ชั้นปฏิบัติ (Action)

1.ชั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ พารามิเตอร์ เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่นๆที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐานสำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง

ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้และกำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยให้นักเรียนดูภาพและออกแบบ ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร พร้อมทั้งวาดภาพความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร พร้อมทั้งวิเคราะห์แบบจำลองของตนเองและของเพื่อนในห้อง จากนั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน เพื่อเป็นการประเมินแบบจำลองเริ่มต้น (Initial Model)

2.ชั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ เป็นขั้นที่มีการนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ

ผู้วิจัยให้นักเรียนสังเกตภาพ ธารน้ำแข็งโคลัมเบียในรัฐอะแลสกา ประเทศสหรัฐอเมริกา จากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจจากการอ่านและการสังเกตของนักเรียนแล้วใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาในการกระตุ้นให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง 2 มิติของตนเอง ดังนี้ “จากภาพ พบการเปลี่ยนแปลงของสารชนิดใด สารชนิดดังกล่าวเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร” และ “ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้เกี่ยวข้องกับความร้อนและการเปลี่ยนสถานะอย่างไร” ผู้วิจัยชี้แจงว่า วันนี้เราจะทำกิจกรรมวันนี้เราจะทำกิจกรรมเกี่ยวกับความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนวาดความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร โดยการวาดภาพ ๒ มิติ ลงในงานที่ ๒.๑ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง (ภาพวาด 2 มิติ) ของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยกำชับให้นักเรียนตั้งใจฟังเพื่อนนำเสนอ

และให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้ได้ประเด็นในการรวบรวมข้อมูลในขั้นการทดสอบแบบจำลอง

3.ขั้นการทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดยผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรม

หลังจากที่นักเรียนได้วาดแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองแล้ว ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียนใหม่ โดยคละตามความสามารถ และจัดตำแหน่งที่นั่งแต่ละกลุ่มใหม่ โดบเวียนกลุ่มหลังห้องมานั่งหน้าห้อง โดยแบ่งออกเป็น ๔ กลุ่ม จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านขั้นตอนการทำกิจกรรมในหนังสือหน้า ๔๕ พร้อมกัน แล้วรับใบกิจกรรม เรื่องความร้อนทำให้สารเปลี่ยนสถานะได้อย่างไรจากผู้วิจัย และลงมือทำกิจกรรมหลังจากนั้นสุ่มตัวแทนสุ่มตัวแทนนักเรียน ๒ กลุ่ม ออกมาสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

4. ขั้นการค้นหาลักษณะ เป็นขั้นที่นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1)สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2)แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่ และนักเรียนต้องระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง

ผู้วิจัยจะต้องให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ นักเรียนแต่ละคนเปรียบเทียบแบบจำลองความร้อนทำให้สารเปลี่ยนสถานะของสสารของตนเองกับที่นักเรียนไปรวบรวมข้อมูลจากขั้นที่ 3 ลงในใบกิจกรรมที่ 3.2 ปรับเพื่อเปลี่ยน ในประเด็นดังต่อไปนี้ 1)สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2)แบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียนวาดสามารถความร้อนทำให้สารเปลี่ยนสถานะของสสารได้หรือไม่ หลังจากนั้นนักเรียนระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขในรูปแบบจำลองของตนเองและระบุหลักฐาน/ข้อมูลที่ได้จากการกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้น

5.ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับแก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดยนักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไขแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (หลักฐาน/ข้อมูล) มากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดี โดยให้วาดภาพแบบจำลอง เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสารใหม่ โดยผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น โดย

ปรับแก้แบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในชั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้

6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันในบึงกิจกรรม จากนั้นนักเรียนกับผู้วิจัยได้ร่วมกันอภิปราย เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร

3. ขั้นสังเกต (Observe) และ ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

1. ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่าผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการสอนได้ละเอียดและบอกจุดประสงค์ได้ชัดเจน

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนตั้งใจฟังและเริ่มเข้าใจกิจกรรมมากขึ้น

2. ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดแบบจำลองความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารได้แต่ไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน นักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลอง 2 มิติของตนเองได้อย่างมั่นใจมากขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ พบว่า การจัดบรรยากาศที่เป็นกันเองภายในห้องเรียน ทำให้นักเรียนออกมานำเสนอได้มั่นใจ และมีส่วนร่วมในการถาม-ตอบมากขึ้น และสามารถวาดแบบจำลอง 2 มิติได้

3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนมีการแบ่งกลุ่มและแบ่งหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบที่ชัดเจน นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลอง มีการอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการทดลอง อีกทั้งนักเรียนสนุกไปกับการทดลองและยังมีบางกลุ่มที่ไม่สามารถทำการทดลองได้แต่มีการปรึกษาและให้เพื่อนอีกกลุ่มที่สามารถทำได้สอน

...นักเรียนบางกลุ่มยังทำไม่ได้ แต่มีเพื่อนไปสอน

(ผู้วิจัย,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ พบว่า เมื่อนักเรียนทำงานเป็นกลุ่มจะเห็นว่านักเรียนร่วมกันทำงานเป็นอย่างดีขึ้น มีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากมีการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรม ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความช่วยเหลือกันมากขึ้น

...ควรให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่มให้บ่อยขึ้น

(ผู้วิจัย,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

...ฝึกการทำงานเป็นทีม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของแต่ละคน

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

4. ขั้นการค้นหาหลักฐาน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองได้และระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองของตนเองได้พร้อมทั้งระบุหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองได้

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถร่วมกันอธิบายได้อย่างถูกต้องและระบุหลักฐานในการปรับแก้แบบจำลองได้ชัดเจนได้

...นักเรียนส่วนมากสามารถระบุหลักฐานในการปรับแก้ได้ดี

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

5. ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และมีส่วนร่วมในการถาม-ตอบมากขึ้น

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถความรู้ที่ได้มาเขียนแบบจำลองของตนเองได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกลับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

...นักเรียนส่วนมากปรับแก้แบบจำลองได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า เมื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติของตนเองแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนนำความเข้าใจจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำใบกิจกรรม เรื่อง ความร้อนทำให้สารเปลี่ยนสถานะได้อย่างไรปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆในใบกิจกรรมได้ แต่มีนักเรียนบางคนยังไม่สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของตนเองไปอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้

...นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆในโจทย์ได้

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้แบบจำลอง 2 มิติของตนเองอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้ และผู้วิจัยมีการใช้คำถามในใบกิจกรรมให้ชัดเจนมากขึ้น นักเรียนไม่งงกับคำถาม

จากผลการสะท้อนโดยผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัย ทำให้ทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

ข้อดี

1. นักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลอง 2 มิติของนักเรียนได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้นและนำเสนอแบบจำลองได้ด้วยคามมั่นใจ
 2. นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลายไม่น่าเบื่อ ได้ลงมือปฏิบัติจริง
 3. นักเรียนได้ฝึกทำงานเป็นกลุ่ม มีการแบ่งหน้าที่ชัดเจน และช่วยเหลือกันดีมาก
 4. นักเรียนเข้าใจแนวทางการสอนเป็นอย่างดี
 5. ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศความสนุกสนานภายในห้องเรียน
- ปัญหาและข้อควรปรับปรุง

1. ผู้วิจัยควรจัดกลุ่มใหม่ทุกครั้งที่มีกิจกรรมการทดลอง
2. ผู้วิจัยควรกำชับให้นักเรียนเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง

จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับวงจรปฏิบัติการที่ 2 เนื่องจากผู้วิจัยมีความชำนาญมากขึ้นในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงานแบบจำลองทางความคิด อีกทั้งในกิจกรรมมีการชี้แจงรายละเอียดก่อนเวลาในการทำกิจกรรม การอธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการทำกิจกรรมที่นักเรียนต้องปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเข้าใจและทำกิจกรรมตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และใช้เวลาทำกิจกรรมได้ตามที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทบทวนความรู้เดิมให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและวาดแบบจำลองได้ อีกทั้งยังแบ่งกลุ่มใหม่ในการทำกิจกรรมทำให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันได้อย่างชัดเจน และช่วยเหลือกันมากขึ้น

4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงปฏิบัติการที่

4 การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน

ในวงปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยได้นำผลจากการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในวงปฏิบัติการที่ 3 มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยในวงจรปฏิบัติการที่ 4 มีขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน(Plan) ขั้นปฏิบัติ(Action) ขั้นสังเกต(Observe) และขั้นสะท้อนผล(Reflect) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เริ่มดำเนินการ

เก็บข้อมูลในวันที่ 1 มีนาคม ถึงวันที่ 2 มีนาคม 2566 โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานและการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ชั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผู้วิจัยศึกษาสถานการณ์ที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่จะนำมากระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการที่จะศึกษาและค้นหาคำตอบมากขึ้น

1.2 จัดกลุ่มการทดลองให้กับนักเรียนใหม่อีกครั้ง โดยลดความสามารถนักเรียนและจัดกลุ่มให้มีความหลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้ทำงานกับเพื่อนคนอื่นๆ ภายในห้อง สร้างบรรยากาศใหม่ๆ ในการทำกิจกรรม เนื่องจากการทำกาทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พบว่า ในการจัดกลุ่มใหม่นักเรียนมีการทำงานเป็นทีมและช่วยเหลือกันมากขึ้น

2. ชั้นปฏิบัติ (Action)

1.ชั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ พารามิเตอร์ เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่นๆที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐานสำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาหรือการทดลองหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง

ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้และกำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยให้นักเรียนดูภาพและออกแบบการถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งวาดภาพการถ่ายโอนความร้อนทั้ง 3 แบบ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร พร้อมทั้งวิเคราะห์แบบจำลองของตนเองและของเพื่อนในห้อง จากนั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน เพื่อเป็นการประเมินแบบจำลองเริ่มต้น (Initial Model)

2. ขั้นตอนการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ เป็นขั้นที่มีการนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้กับนักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัดทบทวนความรู้ โดยระบุสถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนมาให้ เช่น น้ำแข็งที่ใส่ลงไปใต้น้ำหวนมีการถ่ายโอนความร้อนจากสิ่งใดไปสู่สิ่งใด และทบทวนการจัดเรียงอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆ เช่น ใต้น้ำมีการจัดเรียงอนุภาคที่กระจายอยู่ห่างกันมาก และอนุภาคเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทาง จากนั้นผู้วิจัยชี้แจงว่า วันนี้เราจะทำกิจกรรมวันนี้เราจะทำกิจกรรมเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนวาดแบบจำลองการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน โดยการวาดภาพ 2 มิติลงในใบงานที่ 4.1 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง (ภาพวาด 2 มิติ) ของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยกำชับให้นักเรียนตั้งใจฟังเพื่อนนำเสนอ และให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้ได้ประเด็นในการรวบรวมข้อมูลในขั้นการทดสอบแบบจำลอง

3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดยผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมหลังจากที่นักเรียนได้วาดแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองแล้ว ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียนใหม่ โดยคละตามความสามารถ และจัดตำแหน่งที่นั่งแต่ละกลุ่มใหม่ โดยเวียนกลุ่มหลังห้องมานั่งหน้าห้อง โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำกิจกรรม การถ่ายโอนความร้อน โดยแบ่งดังนี้

กลุ่มที่ 1 ทำกิจกรรมเรื่อง ความร้อนถ่ายโอนผ่านของแข็งได้อย่างไร นักเรียนช่วยกันวางแผนการทดลองแล้วทำกิจกรรมเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของขึ้นเทียนไขซึ่งวางบนแผ่นอะลูมิเนียมที่ได้รับความร้อน สังเกตและบันทึกผลการทดลอง กลุ่มที่ 2 ทำกิจกรรมเรื่อง ความร้อนถ่ายโอนผ่านของเหลวเป็นอย่างไร นักเรียนช่วยกันวางแผนการทดลองแล้วทำกิจกรรมเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเม็ดแมงลักและวัตถุดิบของน้ำหลังจากให้ความร้อนทุก ๆ ครึ่งนาที สังเกตและบันทึกผลการทดลอง กลุ่มที่ 3 ทำกิจกรรมเรื่อง ความร้อนถ่ายโอนผ่านแก๊สเป็นอย่างไร นักเรียนช่วยกันวางแผนการทดลองแล้วทำกิจกรรมเพื่อสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับพู่วัตถุดิบของอากาศหลังจากให้ความร้อนทุก ๆ ครึ่งนาที สังเกตและบันทึกผลการทดลอง กลุ่มที่ 4 ทำกิจกรรมเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลางเป็นอย่างไร โดยการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลางในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต หนังสือ จากนั้นผู้วิจัยให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม ออกมาสรุปผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งอภิปรายร่วมกัน

4. ขั้นการค้นหาหลักฐาน เป็นขั้นที่นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1) สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2) แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่ และนักเรียนต้องระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง

ผู้วิจัยจะต้องให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ นักเรียนแต่ละคนเปรียบเทียบแบบจำลองการถ่ายโอนความร้อนของตนเองกับที่นักเรียนไปรวบรวมข้อมูลจากขั้นที่ 3 ลงในใบกิจกรรมที่ 4.2 ปรับเพื่อเปลี่ยน ในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ 2) แบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียนวาดสามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของตนเองได้หรือไม่ หลังจากนั้นนักเรียนระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไข ในรูปแบบจำลองของตนเองและระบุหลักฐาน/ข้อมูลที่ได้จากการกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้น

5. ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับแก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดยนักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไขแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (หลักฐาน/ข้อมูล) มากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดี โดยให้วาดภาพแบบจำลองเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนใหม่ โดยผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น โดยปรับแก้แบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้

6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันในใบกิจกรรม จากนั้นนักเรียนกับผู้วิจัยได้ร่วมกันอภิปราย เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

3. ขั้นสังเกต (Observe) และ ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

1. ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์ จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่าผู้วิจัยอธิบายขั้นสอนการสอนได้ละเอียดและบอกจุดประสงค์ได้ชัดเจน

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนตั้งใจฟังและเข้าใจกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างดี

2. ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดแบบจำลองการถ่ายโอนความร้อนได้แต่ไม่ถูกต้องทั้ง ๓ แบบ แต่มีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถวาดภาพแบบจำลองการถ่ายโอนความร้อนได้ นักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลอง 2 มิติของตนเองได้อย่างมั่นใจมาก นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและพยายามที่จะตอบคำถามของผู้วิจัย

...นักเรียนตั้งใจตอบคำถามผู้วิจัยดีมาก

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 1 มีนาคม 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยการถามคำถาม ให้นักเรียนได้พูดอธิบายการถ่ายโอนที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การถ่ายโอนความร้อนในแบบต่าง ๆ และมีการจัดบรรยากาศที่เป็นกันเองภายในห้องเรียน ให้นักเรียนออกมานำเสนอได้มั่นใจ และมีส่วนร่วมในการถาม-ตอบมากขึ้น และสามารถวาดแบบจำลอง 2 มิติได้ และขณะที่ตั้งคำถามกับนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจตอบ และกระตือรือร้น

3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนมีการแบ่งกลุ่มและแบ่งหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบที่ชัดเจน นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลอง มีการอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการทดลอง อีกทั้งนักเรียนสนุกไปกับการทดลอง และเมื่อเพื่อนออกมานำเสนอ นักเรียนในห้องตั้งใจฟังดีขึ้น และมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม แต่มีบางคนไม่แสดงความคิดเห็น

...นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

(ครูผู้ร่วมสังเกต, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 1 มีนาคม 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนเริ่มเข้าใจแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของผู้วิจัยมากขึ้น ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้อธิบายและชี้แจงสิ่งที่ต้องปฏิบัติ นักเรียนสามารถเข้าใจทันที เมื่อนักเรียนทำงานเป็นกลุ่มจะเห็นได้ว่านักเรียนร่วมกันทำงานเป็นอย่างดีขึ้น มีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากมีการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรม ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความช่วยเหลือกันมากขึ้น

4. ขั้นการค้นหาหลักฐาน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองได้และระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองของตนเองได้พร้อมทั้งระบุหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองได้

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถร่วมกันอธิบายได้อย่างถูกต้องและระบุหลักฐานในการปรับแก้แบบจำลองได้ชัดเจนได้

...นักเรียนส่วนมากสามารถระบุหลักฐานในการปรับแก้ได้ดี

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 1 มีนาคม 2566)

5.ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และมีส่วนร่วมในการถาม-ตอบมากขึ้น

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนสามารถความรู้ที่ได้มาเขียนแบบจำลองของตนเองได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกลับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

...บรรยากาศในชั้นเรียนกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้

(ผู้วิจัย,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 2 มีนาคม 2566)

6. ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตเห็นว่า เมื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติของตนเองแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนนำความเข้าใจจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำโจทย์เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆในโจทย์ได้ แต่มีนักเรียนบางคนยังไม่สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของตนเองไปอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้

...นักเรียนภูมิใจผลงานของตนเองในการทำใบกิจกรรม

(ครูผู้ร่วมสังเกต,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 2 มีนาคม 2566)

...นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆในโจทย์ได้

(ผู้วิจัย,แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 2 มีนาคม 2566)

ผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้แบบจำลอง 2 มิติของตนเองอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆได้ ถ้าข้อไหนไม่ได้ เพื่อนอีกคนจะช่วยสอนทันที การเรียนรู้จึงเต็มไปด้วยความสนุกสนานและการแบ่งปัน ช่วยเหลือกันและกัน

จากผลการสะท้อนโดยครูผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัย ทำให้ทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

ข้อดี

1. บรรยายภาคีในชั้นเรียนดีขึ้น ส่งผลให้การเรียนรู้ดีขึ้น
2. นักเรียนเข้าใจการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ดี
3. นักเรียนสนุกกับการทดลอง
4. เกิดความร่วมมือในชั้นเรียน
5. นักเรียนเปิดใจและกล้าแสดงความคิดเห็น

ปัญหาและข้อควรปรับปรุง

1. ผู้วิจัยควรเพิ่มกิจกรรมที่น่าสนใจให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จากสิ่งที่ได้ทำกิจกรรม
2. ผู้วิจัยต้องเตรียมความพร้อมแก้ปัญหาเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการทดลองของนักเรียน
3. ผู้วิจัยควรกำชับให้นักเรียนเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง

จากผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานใน
 วงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด
 ของนักเรียนได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับวงจรปฏิบัติการที่ 3 เนื่องจากผู้วิจัยมีการใช้คำถามในการเชื่อมโยงกับสิ่ง
 ที่อยู่ในชีวิตประจำวัน และนำการทดลองมาเป็นตัวเชื่อมโยงในการวาดแบบจำลองทางความคิด ผู้วิจัย
 สร้างบรรยากาศความเป็นกันเองมากขึ้น ส่งผลให้บรรยากาศในชั้นเรียนดีขึ้น นักเรียนกล้าที่จะแสดง
 ความคิดเห็น รวมไปถึงการทำงานเป็นกลุ่มมีการวางแผนการทำงานที่ชัดเจนขึ้น แบ่งหน้าที่กัน
 ช่วยเหลือกันมากขึ้น และนักเรียนยังเข้าใจแนวทางการสอนเป็นอย่างดี ทำให้ควบคุมชั้นเรียนได้ง่าย
 ขึ้น

ตาราง 9 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติ และแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้			
	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4
1.ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์	ข้อดี -	ข้อดี ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการสอนได้ละเอียดและบอกจุดประสงค์ได้ชัดเจน	ข้อดี ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการสอนได้ละเอียดและบอกจุดประสงค์ได้ชัดเจน	ข้อดี ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการสอนได้ละเอียดและบอกจุดประสงค์ได้ชัดเจน
	ข้อควรปรับปรุง ผู้วิจัยควรชี้แจงรายละเอียด วัตถุประสงค์และกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติเพื่อให้	ข้อควรปรับปรุง ผู้วิจัยควรกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน	ข้อควรปรับปรุง -	ข้อควรปรับปรุง -
				ครูต้องมีการกำหนดจุดประสงค์ในแต่ละแผนให้ชัดเจน ครูควรเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เรื่อง พลังงานความร้อน เช่น

<p>ขั้นตอนการจัดท เรียนรู้</p> <p>วางแผนการ จัดการเรียนรู้</p> <p>แบบสืบเสาะหา ความรู้โดยใช้</p> <p>แบบจำลองเป็น ฐาน</p>	<p>วงปฏิบัติการที่ 1</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 2</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 3</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>แนวทางการ จัดการเรียนรู้</p> <p>แบบสืบเสาะหา ความรู้โดยใช้</p> <p>แบบจำลองเป็น ฐาน</p>
<p>นักเรียนเข้าใจก่อนทำ กิจกรรมทุกครั้ง</p>	<p>ตั้งใจฟัง ผู้วิจัยควรมี รางวัลในการตอบ คำถาม</p>	<p>การลอยของ บอลลูก การปิ้ง ปลา ครูต้อง จัดเตรียม เทคโนโลยีสำหรับ การจัดการเรียนรู้ และแหล่งข้อมูลที่ น่าเชื่อถือ ครูต้อง เตรียมปฏิบัติการ วัสดุอุปกรณ์ใน การสืบเสาะหา ความรู้ และ ทดสอบปฏิบัติการ</p>

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	ล่วงหน้าก่อน
<p>ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 1</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 2</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 3</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>คู่มือทบทวนความรู้เดิมนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคน ครูต้องนำเสนอ</p> <p>ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับเรื่องไอออนความร้อน</p> <p>ครูให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับเรื่องไอออนความร้อน</p> <p>ผู้วิจัยนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น ภาพบอลลูกบอลย ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเริ่มต้น</p>
<p>2. ขั้นตอนการวัดประเมินสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้</p>	<p>ข้อดี</p> <p>-</p> <p>ข้อดี</p> <p>- ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องการถ่ายโอนความร้อน</p> <p>ครูให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเป็นรายบุคคลเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคน ครูต้องนำเสนอ</p> <p>ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับเรื่องไอออนความร้อน</p> <p>ผู้วิจัยนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น ภาพบอลลูกบอลย ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเริ่มต้น</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ที่ 1	วัตถุประสงค์ที่ 2	วัตถุประสงค์ที่ 3	วัตถุประสงค์ที่ 4	แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
	<p>ข้อควรปรับปรุง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผู้วิจัยควรให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นรายบุคคลในการทบทวนความรู้ เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนแต่ละคน เพื่อที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ - ผู้วิจัยควรมีการตั้ง 	<p>ข้อควรปรับปรุง</p> <ul style="list-style-type: none"> ผู้วิจัยต้องนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ผู้วิจัยควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบหรือแนวความคิดออกมา นักเรียนสามารถ 	<p>- นักเรียนออกมาเสนอด้วยความมั่นใจ</p> <p>ข้อควรปรับปรุง</p>	<p>ข้อควรปรับปรุง</p> <ul style="list-style-type: none"> นักเรียนบางส่วนไม่สามารถวาดภาพแบบจำลองการถ่ายไอออนความร้อนได้ 	<p>เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น ภาพบอลดูนลอย ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเริ่มต้นได้ ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบหรือแนวความคิดออกมา โดยคำถามที่นำมา</p>

<p>ขั้นตอนการจัดกา เรียนรู</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 1</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 2</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 3</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>แนวทางการ จัดการเรียนรู</p> <p>แบบสืบเสาะหา ความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็น ฐาน</p>
<p>คำถามเพื่อเชื่อมโยงไป ยังคำถามที่เชื่อมโยงกับ เนื้อหา</p> <p>นำเสนอแบบจำลอง 2 มิติของนักเรียนได้อย่าง สมบูรณ์มากขึ้นและ นำเสนอแบบจำลองได้ ด้วยความมั่นใจ</p>	<p>จะต้องชัดเจนตรง ประเด็น เป็น คำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้ นักเรียนสามารถ ร่วมแสดงความ คิดเห็นร่วมกัน ครู ควรหาคลิปวิดีโอ หรือข่าวที่ เกี่ยวข้องใน ชีวิตประจำวัน และมีการตั้ง คำถามเพื่อ</p>

แนวทางการจัดการเรียนรู้	แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้	แบบจำลองเป็นฐาน
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2
	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4
<p>เชื่อมโยงไปสู่การ</p> <p>วาดภาพ</p> <p>แบบจำลองเริ่มต้น</p> <p>2 มิติ ของ</p> <p>นักเรียน เช่น ครู</p> <p>นำภาพบอลลูกไม้ให้</p> <p>นักเรียนดูแล้วถาม</p> <p>คำถามต่อไปนี้</p> <p>“นักเรียนคิดว่า</p> <p>บอลลูกไม้ลอยอยู่ใน</p> <p>อากาศได้</p> <p>อย่างไร” และถาม</p> <p>นักเรียนอีกว่า</p>		

<p>ขั้นตอนการจัดกา เรียนรู</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 1</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 2</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 3</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>แนวทางการ จัดการเรียนรู</p> <p>แบบสืบเสาะหา ความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็น ฐาน</p>
	<p>จากภาพบอลูนที่ ลอยควมมีปัจจัย อะไรที่ทำให้ บอลูนลอยได้ โดยให้นักเรียน ร่วมกันวิเคราะห์ สถานการณ์ที่ กำหนดให้ และ คุอบอกถึง กิจกรรมที่จะเรียน และให้นักเรียน วาดภาพ 2 มิติ ที่ เป็นแบบจำลอง</p>

แนวทางการจัดการเรียนรู้	แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้	แบบจำลองเป็นฐาน			
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	<p>วงปฏิบัติการที่ 1</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 2</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 3</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>เริ่มต้นของแต่ละคน พร้อมกับให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง</p>			
3. ขั้นตอนการทดสอบแบบจำลอง	<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนได้รู้จักการใช้เทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ - นักเรียนสนุกและ 	<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลายไม่น่าเบื่อ - ได้ลงมือปฏิบัติจริง - นักเรียนได้ฝึกทำงาน 	<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผู้จัดกลุ่มใหม่ทุกครั้ง - มีกิจกรรมการทดลอง - นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเอง 	<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - 	<p>นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเอง และครูควรทดลองล่วงหน้าก่อนเสมอ</p>

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	<p>ตื่นต้นกับสถานการณ์จำลอง ทำให้กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน -นักเรียนมองภาพการ -นักเรียนมองภาพการ จัดเรียงอนุภาคได้ชัดเจน</p>	<p>เป็นกลุ่ม - นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น</p>	<p>ผู้วิจัยควรมุ่งเน้นให้ผู้วิจัยควรมุ่งเน้นให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มและบอก</p>	<p>รวมทั้งในการจัดกลุ่มของนักเรียน ควรจัดกลุ่มการทดลองใหม่ทุก ครั้ง โดยตระหนักความสามารถและพยายามไม่ให้ซ้ำกลุ่มเดิม จากนั้นครูจะต้องให้</p>
ชื่อการปรับปรุง	<p>ผู้วิจัยควรมุ่งเน้นเวลาและบอกนักเรียนอย่างชัดเจนในการสืบค้น</p>	<p>ชื่อการปรับปรุง - ผู้วิจัยควรมุ่งเน้นให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มและบอก</p>	<p>ชื่อการปรับปรุง ผู้วิจัยควรมุ่งเน้นให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มและบอก</p>	<p>ชื่อการปรับปรุง -</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การที่ 1	วัตถุประสงค์การที่ 2	วัตถุประสงค์การที่ 3	วัตถุประสงค์การที่ 4	แนวทางการจัดการเรียนรู้
ข้อมูล	เวลานักให้ชัดเจนในหาร	เวลาให้นักเรียนให้ชัดเจน	เวลาให้นักเรียนให้ชัดเจน	เวลานักเรียนให้ชัดเจน	นักเรียนบางกลุ่ม
	ทำการทดลอง ผู้วิจัย	และนักเรียนร่วมกัน	อภิปรายเพื่อให้เกิด	แนวคิดที่ถูกต้องและทำ	ให้นักเรียนไม่
	ให้นักเรียนนำ	แบบจำลองไปปรับปรุง	แก้ไขได้ถูกต้อง	- ผู้วิจัยควรกำหนดเวลา	ชัดเจน ไม่มีการ
					วางแผนการ
					ดำเนินงาน จึงทำ
					ให้ทำการทดลอง
					ล่าช้ากว่ากำหนด
					ตั้งนั้นครูจะต้อง
					ควบคุมเวลาให้
					ตรงตามที่กำหนด
					ไว้ ครูและ
					นักเรียนร่วมกัน
					อภิปรายเพื่อให้

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้				
4. ขั้นการค้นหาค้นหา	ข้อดี	ข้อดี	ข้อดี	ข้อดี
หลักฐาน	-	ผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อกระตุ้นและแนะนำให้นักเรียนตอบคำถามด้วยตนเอง	นักเรียนสามารถและเมื่อนักเรียนตอบคำถามด้วยตนเองได้	ครูจะตองให้ นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้บนชั้นการจัดเตรียม

ขั้นตอนการจัดกา เรียนรู	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4	แนวทางการ จัดการเรียนรู แบบสืบเสาะหา ความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็น ฐาน
	ข้อควรปรับปรุง ผู้วิจัยควรใช้คำถามเพื่อ เป็นการกระตุ้นและ แนะนำให้นักเรียนตอบ คำถามด้วยตนเอง ไม่ ควรบอกคำตอบตรงๆ	ข้อควรปรับปรุง -	ข้อควรปรับปรุง -	ข้อควรปรับปรุง -	สิ่งทีู้และสิ่งทีต้อง ู้โดยนักเรียน ต้องตอบคำถามได้ ว่างทีเกิดขึ้นใน ู้กับการทดสอบ แบบจำลองตรง กับสิ่งที่คาดไว้ หรือไม่ แบบจำลองเริ่มต้น สามารถอธิบายสิ่ง ทีเกิดขึ้นในขั้นการ ทดสอบ แบบจำลองได้

<p>ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้</p> <p>ระเบียบปฏิบัติการที่ 1</p> <p>ระเบียบปฏิบัติการที่ 2</p> <p>ระเบียบปฏิบัติการที่ 3</p> <p>ระเบียบปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>แนวทางการจัดการเรียนรู้</p> <p>แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน</p>
	<p>หรือไม่ ซึ่งพบว่านักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายได้และบางส่วนไม่สามารถอธิบายได้และใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถร่วมกันอธิบายได้อย่าง</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4	แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
5.ขั้นตอนการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน	<p>ข้อดี</p> <p>-</p>	<p>ข้อดี</p> <p>-</p>	<p>ข้อดี</p> <p>ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้</p> <p>- นักเรียนนำเสนอ</p>	<p>ข้อดี</p> <p>- นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับผลการทดลองหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น</p> <p>- ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศ</p>	<p>ครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ครูชี้แนะ</p>

ขั้นตอนการจัดกา เรียนรู	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4	แนวทางการ จัดการเรียนรู แบบสืบเสาะหา ความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็น ฐาน
		แบบจำลองของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิด กับเพื่อนในห้องเรียน	ที่ดีในการเรียนรู้ สร้าง ความเป็นกันเองในการ อภิปรายหรือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้		แนวทางในการ ปรับแก้ แบบจำลองของ ตนเองโดยตรง คำถามเพื่อเป็น ประเด็นโต้แย้ง ให้กับนักเรียนใน การปรับแก้ แบบจำลองของ ตนเองให้ สอดคล้องกับสิ่งที่ เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และควบคุมไว้
		ผู้วิจัยควรสร้าง บรรยากาศที่ดีในการ เรียนรู้ สร้างความเป็น กันเองในการอภิปราย หรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ที่แนะแนวทางในการ	ผู้วิจัยควรทำซ้ำให้ นักเรียนเข้าใจถึงการ สร้างแบบจำลองด้วย ตนเอง ไม่คัดลอกงาน กัน	ผู้วิจัยควรทำซ้ำให้ นักเรียนเข้าใจถึงการ สร้างแบบจำลองด้วย ตนเอง	
		ผู้วิจัยควรสร้าง บรรยากาศที่ดีในการ เรียนรู้ สร้างความเป็น กันเองในการอภิปราย หรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ที่แนะแนวทางในการ	ผู้วิจัยควรทำซ้ำให้ นักเรียนเข้าใจถึงการ สร้างแบบจำลองด้วย ตนเอง	ผู้วิจัยควรทำซ้ำให้ นักเรียนเข้าใจถึงการ สร้างแบบจำลองด้วย ตนเอง	

<p>ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้</p> <p>แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน</p>	<p>วงปฏิบัติการที่ 1</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 2</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 3</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>แนวทางการจัดการเรียนรู้</p>
<p>ปรับแก้แบบจำลองของตนเอง</p> <p>- ผู้วิจัยควรทำซ้ำให้นักเรียนเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ไม่คัดลอกงานกัน</p>	<p>นักเรียนเพื่อนเป็นประเด็นในการโต้แย้ง</p>	<p>คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้นโดยปรับแก้แบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในชั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้ และเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจ</p>

แนวทางการจัดการเรียนรู้	แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้	แบบจำลองเป็นฐาน	เชิงการสร้าง
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3
	วงปฏิบัติการที่ 4		
ถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ไม่คัดลอกของเพื่อนพร้อมให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนในห้องเรียน			

แนวทางการจัดการเรียนรู้		แนวสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน		
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ที่ 1	วัตถุประสงค์ที่ 2	วัตถุประสงค์ที่ 3	
	วัตถุประสงค์ที่ 1	วัตถุประสงค์ที่ 2	วัตถุประสงค์ที่ 3	
6. ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง	ข้อดี -	ข้อดี - - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ เพราะเหตุใดจึงจำเป็นต้องสร้างวางรถไฟให้มีช่องว่างของเหล็ก เป็นช่วงๆ และหากไม่มีการเว้นช่องว่างระหว่างเหล็กนั้น ประสิทธิภาพการเคลื่อนที่เร็วจะลดลง	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด
	ข้อดี -	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด
	ข้อดี -	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด	ข้อดี - ผู้วิจัยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ชัดเจน - นักเรียนเข้าใจการสอนมากขึ้น - ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันคือ ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปรุง เป็นการถ่ายโอนแบบใด

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4
<p>ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้</p>	<p>ผู้วิจัยควรมีการใช้คำถามในกิจกรรมให้ชัดเจนมากกว่านี้</p>	<p>ในบางข้อที่แยกเพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน</p>	<p>เชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน</p>	<p>ปีง เป็นการถ่ายโอนแบบใด เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถเข้าใจ คำอธิบายและทำนายจากชั้น การสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยนมา อธิบายหรือทำนาย ปรากฏการณ์ได้ เช่น ให้</p>

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	วงปฏิบัติการที่ 1	วงปฏิบัติการที่ 2	วงปฏิบัติการที่ 3	วงปฏิบัติการที่ 4
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้				
สถานการณ์ว่าเพราะเหตุใดจึงจำเป็นต้องสร้างโรงรถไฟไหม้ช่องว่างของเหล็กเป็นช่วงๆและหากไม่มีการเว้นช่องว่างระหว่างเหล็กนั้นจะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้นหากต้องการเปิดฝาโหลแก้วที่มีฝาเป็นโลหะ แต่				

แนวทางการจัดการเรียนรู้	แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้	แบบจำลองเป็นฐาน
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	<p>วงปฏิบัติการที่ 1</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 2</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 3</p> <p>วงปฏิบัติการที่ 4</p>	<p>ฐาน</p> <p>พบว่าปิดแน่น ไม่สามารถเปิดได้</p> <p>นักเรียนจะแก้ไข</p> <p>ปัญหาการเปิดขวดยากนี้ได้</p> <p>อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีการนี้ เป็นต้น</p>

5. สรุปผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน

จากผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการที่ผ่านมา ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้ดังนี้

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมาวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อสะท้อนการจัดการเรียนรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองควรมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการจัดเตรียมพารามิเตอร์

ครูต้องมีการกำหนดจุดประสงค์ในแต่ละแผนให้ชัดเจน ครูควรเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เรื่อง พลังงานความร้อน เช่น การลอยของบอลลู่น การปิ้งปลา ครูต้องจัดเตรียมเทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้และแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ครูต้องเตรียมปฏิบัติการวัสดุ-อุปกรณ์ในการสืบเสาะหาความรู้ และทดสอบปฏิบัติการล่วงหน้าก่อน

2) ขั้นตอนการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้

ครูทบทวนความรู้เดิมนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคน ครูต้องนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น ภาพบอลลู่นลอย ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเริ่มต้นได้ ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบหรือแนวความรู้เดิมออกมา โดยคำถามที่นำมาจะต้องชัดเจนตรงประเด็น เป็นคำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ครูควรหาคลิปวิดีโอหรือข่าวที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และมีการตั้งคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การวาดภาพแบบจำลองเริ่มต้น 2 มิติ ของนักเรียน เช่น ครูนำภาพบอลลู่นให้นักเรียนดูแล้วถามคำถามต่อไปนี้ “นักเรียนคิดว่า บอลลู่นลอยอยู่ในอากาศได้อย่างไร” และถามนักเรียนอีกว่า จากภาพบอลลู่นที่ลอยคิดว่ามีปัจจัยอะไรที่ทำให้บอลลู่นลอยได้ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และ ครูบอกถึงกิจกรรมที่จะเรียน และให้นักเรียนวาดภาพ 2 มิติ ที่เป็นแบบจำลองเริ่มต้นของแต่ละคน พร้อมกับให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง

3) ขั้นตอนการทดสอบแบบจำลอง

นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเอง และครูควรทดลองล่วงหน้าก่อนเสมอ รวมทั้งในการจัดกลุ่มของนักเรียนควรจัดกลุ่มการทดลองใหม่ทุกครั้ง โดยลดความสามารถและพยายามไม่ให้อ้ากลุ่มเดิม จากนั้นครูจะต้องให้นักเรียนวางแผนการดำเนินการทดลอง ซึ่งปัญหาที่พบคือ นักเรียนบางกลุ่มแบ่งหน้าที่ไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน จึงทำให้ทำการทดลองล่าช้ากว่ากำหนด

ดังนั้นครูจะต้องควบคุมเวลาให้ตรงตามที่กำหนดไว้ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้เกิดแนวคิด ที่ถูกต้องและทำให้นักเรียนนำแบบจำลองไปปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้อง

4) ขั้นการค้นหาหลักฐาน

ครูจะต้องให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ โดยนักเรียนต้องตอบคำถามได้ว่าสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นการทดสอบแบบจำลองตรงกับสิ่งที่คาดไว้หรือไม่ แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นการทดสอบแบบจำลองได้หรือไม่ ซึ่งพบว่านักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายได้ และบางส่วนไม่สามารถอธิบายได้ และใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถร่วมกันอธิบายได้อย่างถูกต้องและระบุหลักฐานในการปรับแก้แบบจำลองได้ชัดเจนได้

5) ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน

ครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ครูชี้แนะแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองโดยตั้งคำถามเพื่อเป็นประเด็นโต้แย้งให้กับนักเรียนในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ยิ่งขึ้น โดยปรับแก้แบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้ และเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ไม่คัดลอกของเพื่อนพร้อมให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนในห้องเรียน

6) ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ครูควรตั้งคำถามในใบกิจกรรมให้ชัดเจน ถ้ามีข้อไหนยากควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน และครูควรหาสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปิ้ง เป็นการถ่ายโอนแบบใด เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้คำอธิบายและทำนายจากขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยนมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ได้ เช่น ให้สถานการณ์ว่า เพราะเหตุใดจึงจำเป็นต้องสร้างรางรถไฟให้มีช่องว่างของเหล็ก เป็นช่วงๆและหากไม่มีการเว้นช่องว่างระหว่างเหล็กนั้นจะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้น หากต้องการเปิดฝาโหลแก้วที่มีฝาเป็นโลหะ แต่พบว่าฝาปิดแน่นไม่สามารถเปิดได้ นักเรียนจะแก้ไขปัญหาคือการเปิดขวดยาคนี้ได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีการนั้น เป็นต้น

ตอนที่ 2 ผลศึษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด แบบประเมินชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง

1.ผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน

โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแบบวัดจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน เป็นคำถามปลายเปิดที่ให้เขียนตอบและวาดภาพ 2 มิติ พร้อมกับอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 9 ข้อ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 10 แสดงร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ในกลุ่มต่าง ๆ ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แนวคิดย่อย	ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด (N=26)											
	CM		ICM		CFM		FM		IM		NO	
เรื่อง พลังงานความร้อน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ	3.84	46.15	7.69	23.07	26.92	15.84	57.69	11.53	3.84	3.84	0	0
ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร	11.53	50.00	0	7.69	15.38	23.07	57.69	15.38	11.53	3.84	3.84	0
ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร	0	50.00	3.84	11.54	26.92	19.23	53.84	11.54	15.38	7.69	0	0
เฉลี่ย	5.76	50.00	1.92	9.61	21.15	21.15	55.76	13.46	13.46	5.77	1.92	0
ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร	0	38.46	7.69	11.54	7.69	19.23	69.23	23.07	15.38	7.69	0	0
ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร	0	42.31	0	3.84	0	0	57.69	30.77	42.30	23.07	0	0
เฉลี่ย	0	40.39	3.84	7.69	3.84	9.62	63.46	26.92	28.84	15.38	0	0

แนวคิดย่อย	ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด (N=26)											
	CM		ICM		CFM		FM		IM		NO	
เรื่อง พลังงาน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ความร้อน												
การถ่ายโอน												
ความร้อนใน	0	30.76	3.84	7.69	3.84	15.38	53.84	26.92	38.46	19.23	0	0
ชีวิตประจำวัน												
ร้อยละโดย												
เฉลี่ยของ	2.4	41.83	4.32	12.02	13.92	15.38	57.68	19.71	21.15	11.06	0.48	0
นักเรียน												

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนและแบบสัมภาษณ์ ทั้งก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 57.68 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) ในหัวข้อความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร (63.46) อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ (57.69) ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร (55.76) การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน (53.84) และนักเรียนอีกส่วนหนึ่งร้อยละ 21.15 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง โดยเฉพาะเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน ร้อยละ 38.46

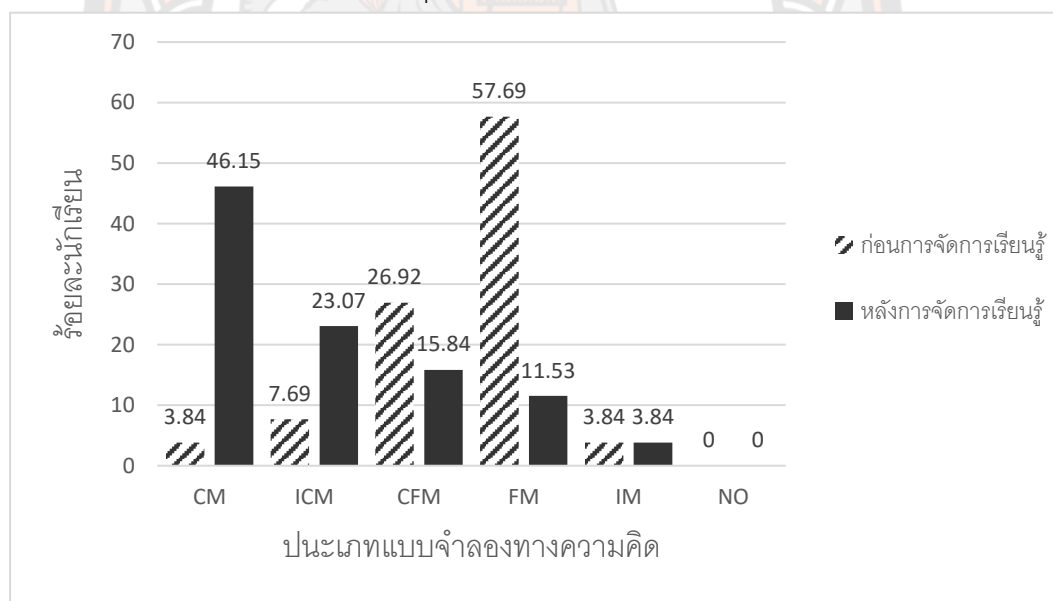
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน หลังจากให้นักเรียนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 41.83 มีมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) ดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาโดยละเอียดพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) ทั้ง 4 แนวคิดย่อยของเรื่อง พลังงานความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร ร้อยละ 50.00 รองลงมา อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ร้อยละ 46.15 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ร้อยละ 40.39 และการถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน ร้อยละ 30.76 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่ม แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) มีค่าลดลงจากก่อนเรียน ร้อยละ 57.68 เป็นร้อยละ 19.71 และมีค่าลดลงทุกแนวคิดย่อย เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละเนื้อหาย่อย พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เนื้อหาย่อยเรื่องอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ มีข้อคำถามทั้งหมด 1 ข้อดังนี้

จากคำถามข้อที่ 1 ซึ่งถามว่า “จงอธิบายการจัดเรียงตัวของอนุภาคของแก๊สในลูกโป่งตามงานวัด พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน” ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คือ อนุภาคของแก๊สในลูกโป่งซึ่งอยู่ห่างกันมากและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคของแก๊สในลูกโป่งเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทาง จึงทำให้แก๊สในลูกโป่งเกิดการพุ่งกระจายเต็มลูกโป่ง ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 57.69) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 46.15) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมากและมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องน้อยลง

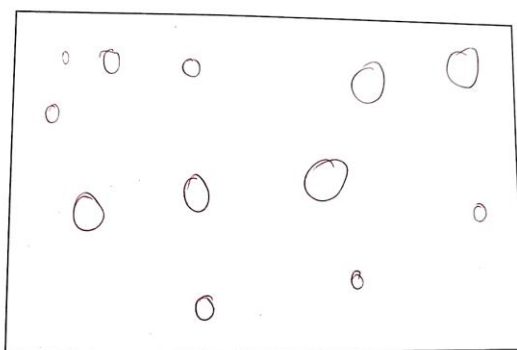
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด
เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ



ภาพ 6 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ข้อที่ 1 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ส่วนใหญ่ (57.69) มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FM) พบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายการจัดเรียงตัวของอนุภาคของแก๊สให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และไม่สามารถวาดภาพการจัดเรียงอนุภาคของแก๊สได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างภาพ 7



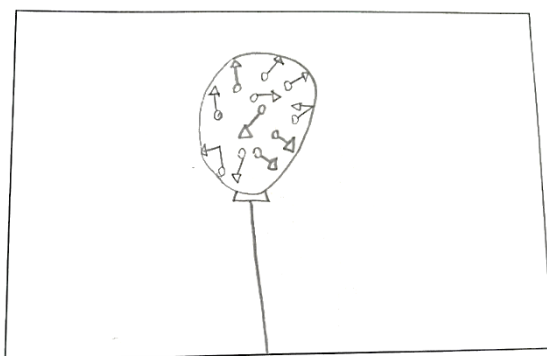
คำอธิบาย

แก๊สในภาชนะปิดจะจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ

ภาพ 7 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 1 ก่อนการจัดการเรียนรู้

(S5,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 46.15) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า อนุภาคของแก๊สในลูกโป่งซึ่งอยู่ห่างกันมากและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคของแก๊สในลูกโป่งเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทาง จึงทำให้แก๊สในลูกโป่งเกิดการพุ่งกระจายเต็มลูกโป่ง และสามารถวาดอนุภาคการจัดเรียงของแก๊สได้อย่างถูกต้อง ดังคำตอบของนักเรียน “อนุภาคของสสารในสถานะแก๊สจะอยู่ห่างกันมากและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระมีแรงยึดเหนี่ยวน้อยและเปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่” ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 8



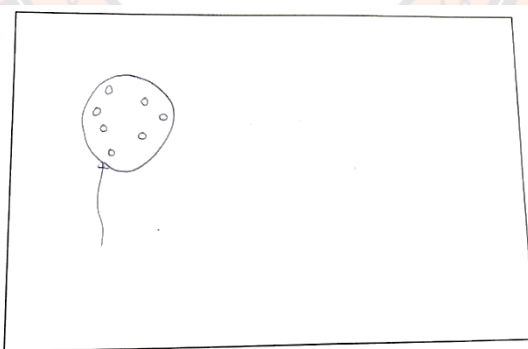
คำอธิบาย

อันภาคของสารที่ในสารจะแก๊สจะอยู่ในภาชนะและต้องนำเอาไปใช้บ้างวิธีนี้จะ
ใช้แรงยึดเหนี่ยวที่จับและเปลี่ยนรูปไปตามภาชนะที่ใส่

ภาพ 8 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 1 หลังการ
จัดการเรียนรู้

(S1,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 23.07 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนจะบอกเพียงการจัดเรียงตัวของอนุภาคแก๊ส แต่ไม่สามารถบอกการจัดเรียงอนุภาคในภาชนะได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 9



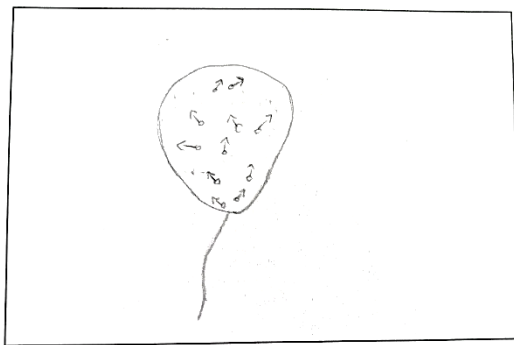
คำอธิบาย

การจัดเรียงตัวของอนุภาคในลูกโป่งกระจาอยู่ทั่วและเคลื่อนที่ไป
มาอย่างอิสระและตลอดเวลา

ภาพ 9 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อที่
1 หลังการจัดการเรียนรู้

(S2,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 15.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่การอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนบอกเพียงว่า แก๊สกระจายตัวในลูกโป่ง แต่ไม่ได้บอกการจัดเรียงอนุภาคของแก๊สในลูกโป่ง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 10

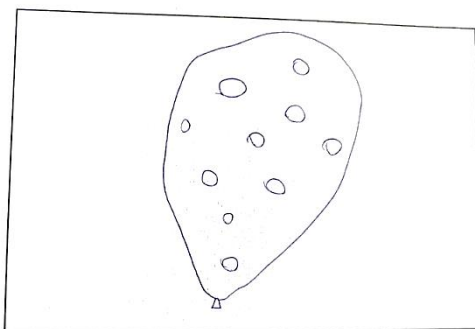


คำอธิบาย

สิ่งของทุกชนิดมีตัวตนอยู่ในลูกโป่งทั้งที่มองเห็นและไม่เห็น...แก๊สในลูกโป่งจัดเรียงตัวอย่างไร...แก๊สในลูกโป่งจัดเรียงตัวอย่างไร...แก๊สในลูกโป่งจัดเรียงตัวอย่างไร...

ภาพ 10 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อ
ที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้
(S6,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 11.53 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายการจัดเรียงและแรงยึดเหนี่ยวของอนุภาคแก๊สในลูกโป่ง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 11



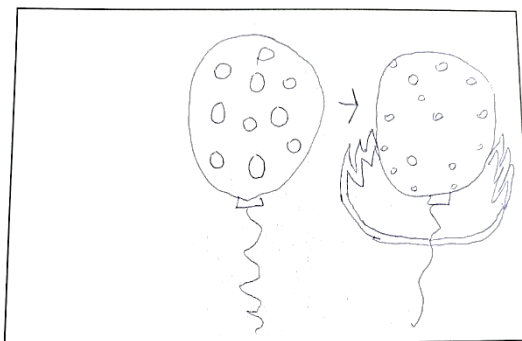
คำอธิบาย

.....

ภาพ 11 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อ
 ที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้
 (S20,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 3.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IM) โดยนักเรียน
 สามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยงกับข้อความ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ

12



คำอธิบาย

.....

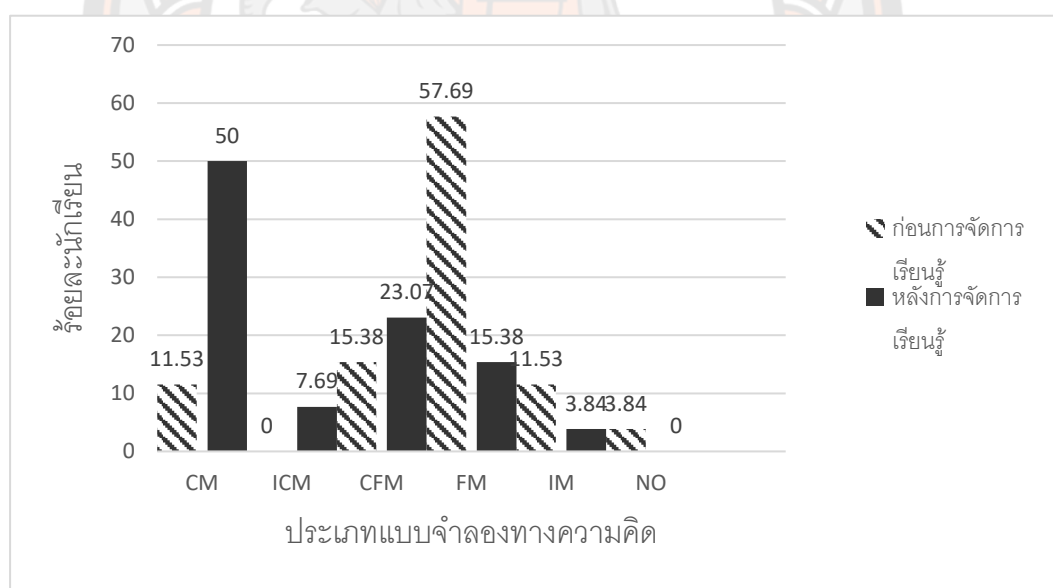
ภาพ 12 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อ
 ที่ 1 หลังการจัดการเรียนรู้
 (S15,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

1.2 ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร

จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เนื้อหาย่อยเรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร มีข้อคำถามทั้งหมด 2 ข้อดังนี้

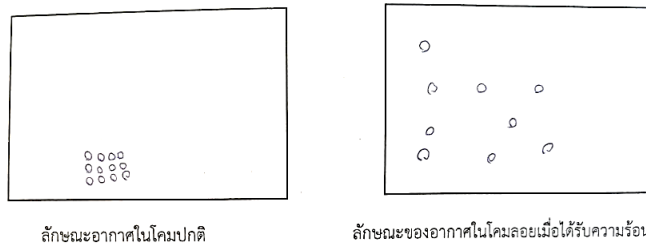
จากคำถามข้อที่ 2 ซึ่งถามว่า “เมื่อให้ความร้อนแก่โคลอยในงานลอยกระทง โคลอยจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรขณะที่มีการให้ความร้อน จงอธิบายพร้อมทั้งวาดภาพประกอบให้ชัดเจน” ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ อากาศในโคลอยได้รับความร้อน อนุภาคของอากาศในโคลอยจะเกิดการขยายตัว จึงทำให้โคลอยมีขยายใหญ่ขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 57.69) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50.00) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมากและมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องน้อยลง

แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและการหดตัวของสสาร



ภาพ 13 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและการหดตัวของสสาร ข้อที่ 2 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ส่วนใหญ่ (57.69) มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FM) พบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายอนุภาคของอากาศในโคมลอยจะเกิดการขยายตัวให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และไม่สามารถวาดภาพได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 14



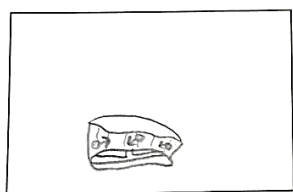
คำอธิบาย

.....เพื่ออากาศในโคมลอยได้ขยายตัวขึ้น อากาศจะชนกับผนังโคมลอยจนอากาศดันขึ้นได้
.....

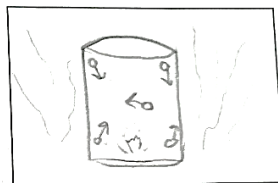
ภาพ 14 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 2 ก่อนการจัดการเรียนรู้

(S23,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50.00) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า อากาศในโคมลอยได้รับความร้อน อนุภาคของอากาศในโคมลอยจะเกิดการขยายตัว จึงทำให้โคมลอยมีขยายใหญ่ขึ้น และสามารถวาดการขยายตัวของแก๊สในโคมลอยได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 15



ลักษณะอากาศในโคมปกติ



ลักษณะของอากาศในโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน

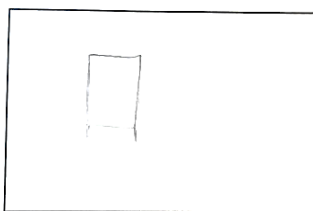
คำอธิบาย

เมื่อโคมลอยได้รับความร้อน อากาศที่อยู่ภายในโคมลอยจะขยายตัวและลอยขึ้นเนื่องจากอากาศที่ร้อนขึ้นมีปริมาตรที่มากขึ้นและมีความหนาแน่นที่ลดลง ทำให้โคมลอยขึ้นได้

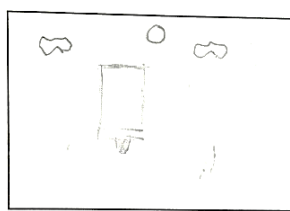
ภาพ 15 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้

(S14,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 23.07 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่การอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนไม่ได้วาดตอนภาคของแก๊สในโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 16



ลักษณะอากาศในโคมปกติ



ลักษณะของอากาศในโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน

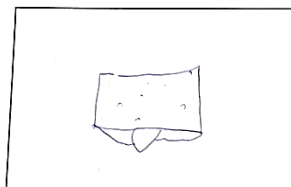
คำอธิบาย

การยกตัวของโคมลอยเกิดจากอากาศภายในโคมลอยขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน และลอยตัวสูงขึ้นโคมลอยยกตัวขึ้นได้

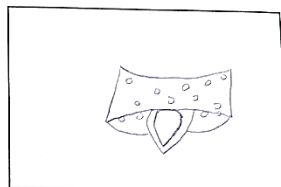
ภาพ 16 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้

(S20,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 15.38 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 17



ลักษณะอากาศในโคมปกติ



ลักษณะของอากาศในโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน

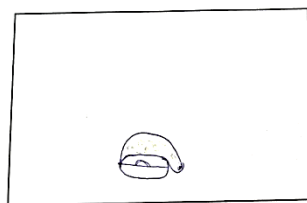
คำอธิบาย

อากาศที่อยู่ในโคมลอยจะลอยขึ้นได้เพราะอากาศภายในโคมลอยจะได้รับความร้อน

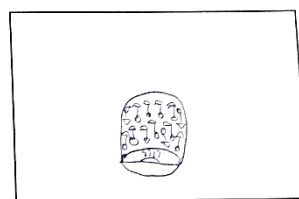
ภาพ 17 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้

(S16,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 7.69 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 18



ลักษณะอากาศในโคมปกติ



ลักษณะของอากาศในโคมลอยเมื่อได้รับความร้อน

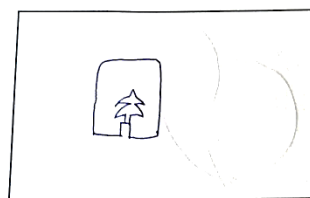
คำอธิบาย

อากาศที่อยู่ในโคมลอยจะลอยขึ้นได้เพราะอากาศภายในโคมลอยจะได้รับความร้อน

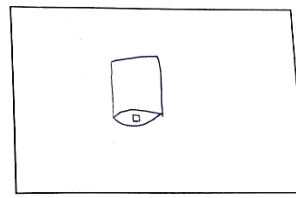
ภาพ 18 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้

(S18,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 3.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยงกับ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 19



ลักษณะอากาศในคอมปกติ



ลักษณะของอากาศในคอมลอยเมื่อได้รับความร้อน

คำอธิบาย

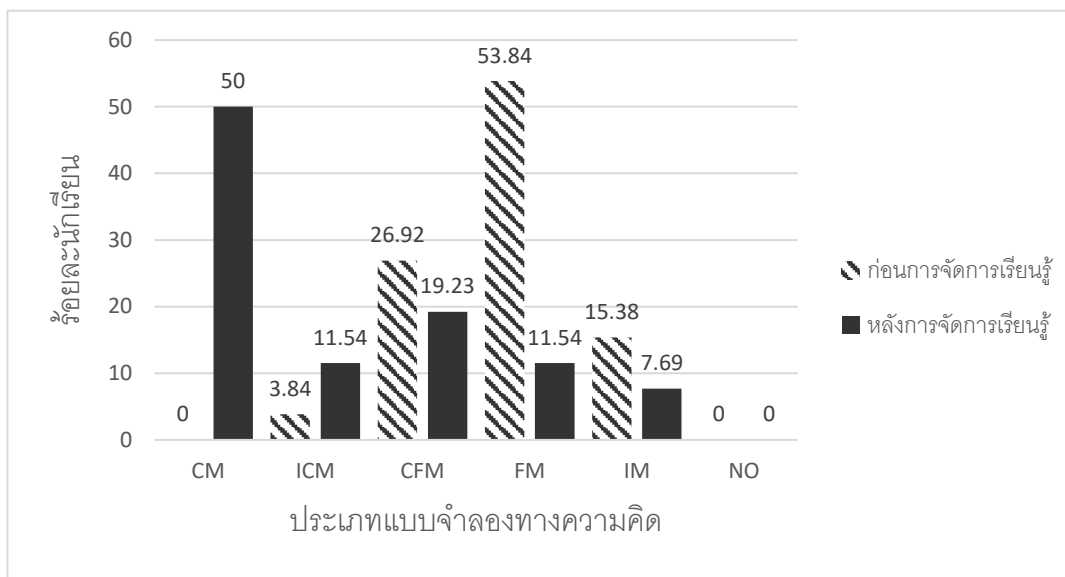
โดยปกติที่ยังไม่ได้ใส่ไฟจะไม่มีไอออกมาถึงในไม่ช้าจากหลอดไฟ.....
แต่ใส่ไฟแล้วไอออกมา.....

ภาพ 19 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อ
ที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้

(S3,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

จากคำถามข้อที่ 3 ซึ่งถามว่า “เพราะเหตุใดการสร้างรางรถไฟ มักจะเว้นระยะห่างรอยต่อของรางรถไฟ จงอธิบายพร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน” ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ เพราะการสร้างรางรถไฟ มักจะเว้นระยะห่างรอยต่อของรางรถไฟ เพื่อป้องกันการขยายตัวของเหล็กเมื่ออากาศร้อนจัด หรือเมื่อเกิดการเสียดสีกับล้อรถจนทำให้เกิดความร้อน ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.84) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50.00) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมากและมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องน้อยลง

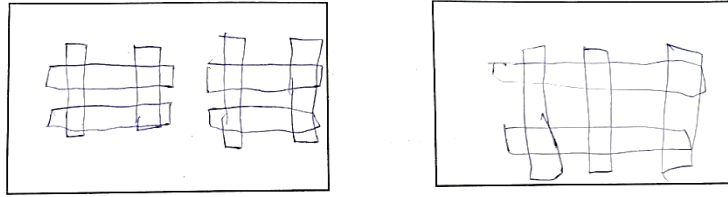
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด
เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและการหดตัวของสสาร



ภาพ 20 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัว
และการหดตัวของสสาร ข้อที่ 3 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ส่วนใหญ่ (53.84) มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FM) พบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายความร้อนกับการขยายตัวและการหดตัวของสสาร ให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และไม่สามารถวาดภาพได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 21



ลักษณะของอนุภาคของรางรถไฟขณะอุณหภูมิห้อง ลักษณะของอนุภาคของรางรถไฟเมื่อได้รับความร้อน

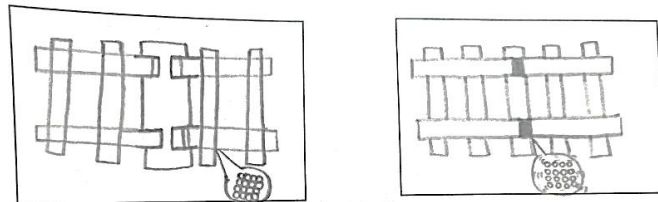
คำอธิบาย

.....

ภาพ 21 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 3 ก่อนการจัดการเรียนรู้

(S7,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50.00) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า การสร้างรางรถไฟ มักจะเว้นระยะห่างรอยต่อของรางรถไฟ เพื่อป้องกันการขยายตัวของเหล็กเมื่ออากาศร้อนจัด หรือเมื่อเกิดการเสียดสีกับล้อรถจนทำให้เกิดความร้อน และสามารถวาดแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 22



ลักษณะของอนุภาคของรางรถไฟขณะอุณหภูมิห้อง ลักษณะของอนุภาคของรางรถไฟเมื่อได้รับความร้อน

คำอธิบาย

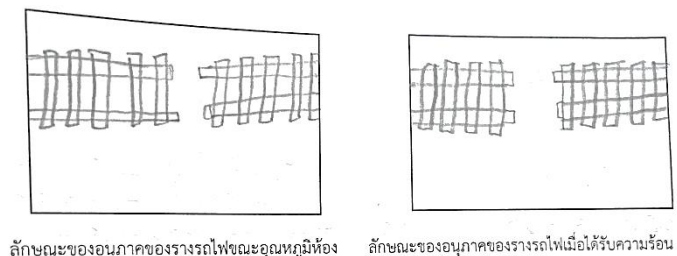
.....

ภาพ 22 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้

(S14,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 19.23 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่ไม่ถูกต้องโดยนักเรียนไม่สามารถวาด

อนุภาคของสถานะของแข็งเมื่ออยู่ในอุณหภูมิปกติและเมื่อได้รับความร้อน และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 23

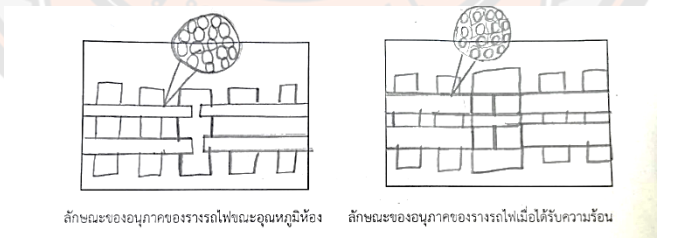


คำอธิบาย

สภาวะของของแข็งเริ่มขยับเขยื้อนและสั่นไหวขึ้นที่...ที่อุณหภูมิของแข็งได้รับความร้อนจนถึงถึงจุดหลอมเหลว.....
ทำให้สั่นแรงขึ้น...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว.....
สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว.....
สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว.....

ภาพ 23 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ (S2,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 11.54 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 24

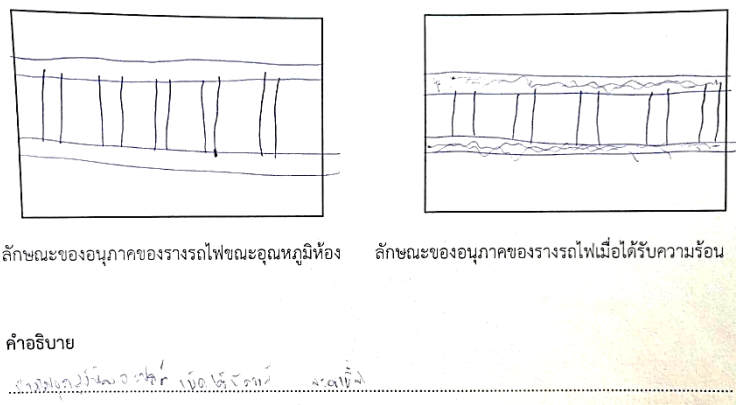


คำอธิบาย

สภาวะของของแข็งเริ่มขยับเขยื้อนและสั่นไหวขึ้นที่...ที่อุณหภูมิของแข็งได้รับความร้อนจนถึงถึงจุดหลอมเหลว.....
ทำให้สั่นแรงขึ้น...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว.....
สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว.....
สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว...สภาวะของแข็งจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลว.....

ภาพ 24 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ (S1,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

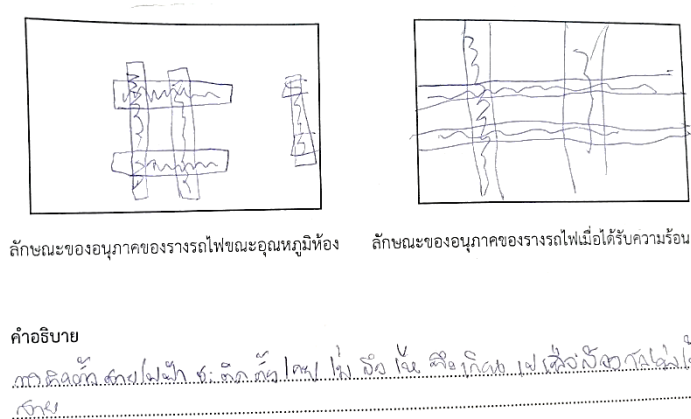
และมีนักเรียนร้อยละ 11.54 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 25



ภาพ 25 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 3 หลัง
การจัดการเรียนรู้

(S6,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 7.69 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยงกับข้อความ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 26



ภาพ 26 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ในคำถามข้อที่ 3 หลัง
การจัดการเรียนรู้

(S13,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

เมื่อหาค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเรื่องความร้อนกับการหดและขยายของ สสารทั้ง 2 ข้อ พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (55.76) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ ถูกต้อง และหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แล้วพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในเกณฑ์สูงขึ้น โดยส่วนใหญ่ นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องร้อยละ 50.00 สอดคล้องกับแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง ดัง ตัวอย่าง

ผู้วิจัย : นักเรียนรู้จักภาพ 1 หรือไม่

นักเรียนA : รู้จักครับ

ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่ารูปที่ 1 เกี่ยวกับพลังงานความร้อนหรือไม่

นักเรียนA : เป็นครับ

ผู้วิจัย : เพราะเหตุใดจึงคิดว่ารูปที่ 1 เป็นหรือไม่เป็นพลังงานความร้อน

นักเรียนA : เพราะโคมต้องใช้ความร้อนทำให้เกิดการขยายตัวครับ

ผู้วิจัย : โอเคค่ะ

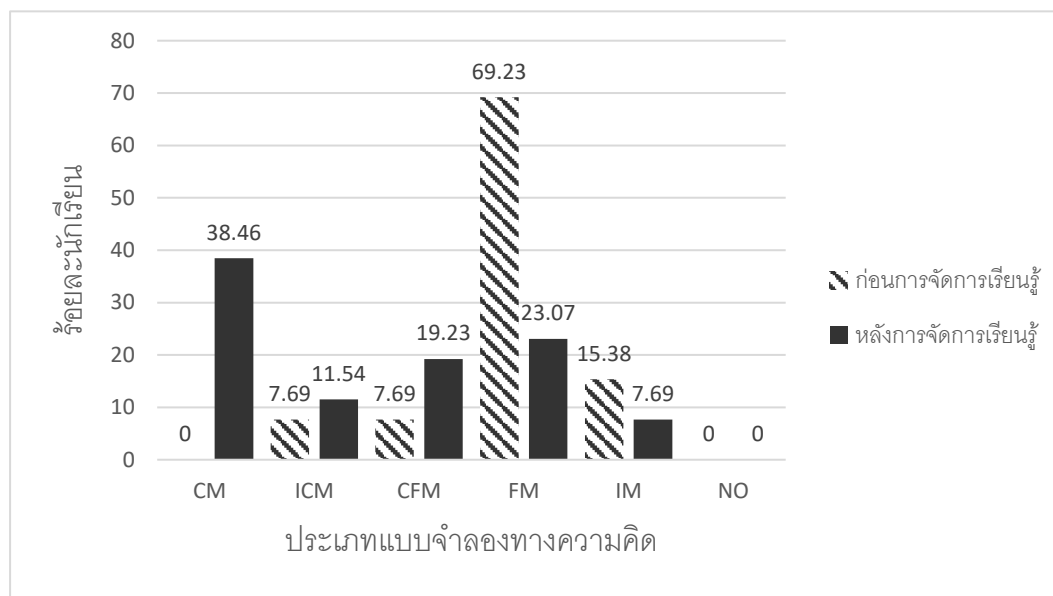
และนักเรียนในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ ถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าเกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อน แต่ไม่สามารถอธิบายได้ครบถ้วนสมบูรณ์

1.3 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร

จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เนื้อหาย่อยเรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของ สสาร มีข้อคำถามทั้งหมด 2 ข้อดังนี้

จากคำถามข้อที่ 4 ซึ่งถามว่า “ให้นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนสถานะจากการต้มน้ำจน กลายเป็นไอ พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน” ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ น้ำเมื่อได้รับความร้อน ความร้อนจะทำให้อุณหภูมิของน้ำมีพลังงาน เพิ่มขึ้นและเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิของน้ำอยู่ห่างกันมากขึ้น ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง อนุภาคน้ำลดลง น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สหรือไอน้ำ ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดย การเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า ก่อนการจัดการ เรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 69.23) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) และหลังการ จัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียน (ร้อยละ 38.46) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่าง มาก

แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด
เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร



ภาพ 27 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร ข้อที่ 4 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

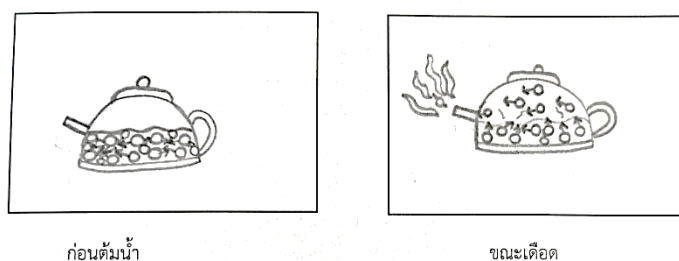
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ส่วนใหญ่ (69.23) มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FM) พบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสารให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และไม่สามารถวาดภาพได้ถูกต้อง โดยนักเรียนไม่สามารถอธิบายการจัดเรียงตัวของอนุภาคของน้ำก่อนต้มและขณะเดือดได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 28



ภาพ 28 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 4 ก่อนการ
จัดการเรียนรู้

(S23,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

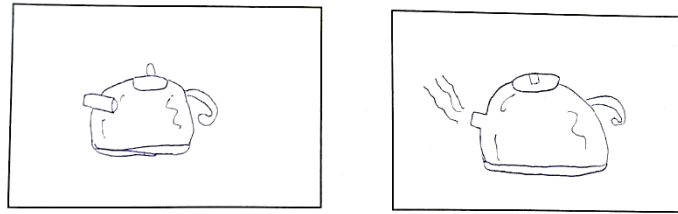
หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 38.46) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อได้รับความร้อน ความร้อนจะทำให้อนุภาคของน้ำมีพลังงานเพิ่มขึ้นและเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อนุภาคของน้ำอยู่ห่างกันมากขึ้น ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้ำลดลง น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สหรือไอน้ำ และสามารถวาดแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 29



ภาพ 29 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 4 หลังการ
จัดการเรียนรู้

(S14,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

รองลงมาคือ นักเรียนร้อยละ 23.07 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 30



ก่อนต้มน้ำ

ขณะเดือด

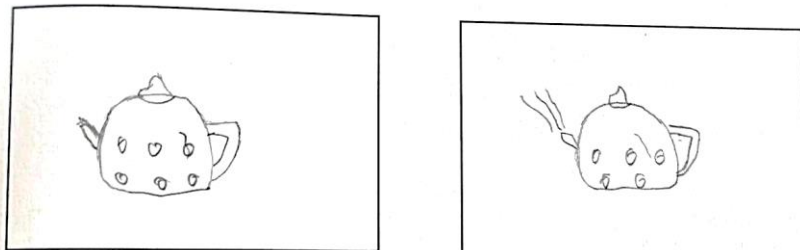
คำอธิบาย

เมื่อหม้อน้ำเดือดแล้วคนเอาถ้วยมาตวงได้ความพอดี ๑๒๐๐ กรัมใส่ลงในแก้ว
ดื่มทันทีแล้ว ๑ ชั่วโมงแล้วคนเอาถ้วยมาตวงได้ความพอดี ๑๒๐๐ กรัมใส่ลงในแก้ว
ดื่มทันที

ภาพ 30 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 4 หลัง
การจัดการเรียนรู้

(S10,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 19.23 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) โดย
นักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด และการอธิบายไม่ถูกต้อง
ตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 31



ก่อนต้มน้ำ

ขณะเดือด

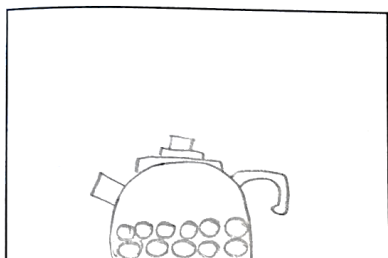
คำอธิบาย

ในหม้อหุงข้าวของคนที่มีไว้กับน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงก็เกิดขึ้นในหม้อหุงข้าวที่มีน้ำร้อน
ในหม้อหุงข้าวที่มีน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงก็เกิดขึ้นในหม้อหุงข้าวที่มีน้ำร้อน
หม้อหุงข้าวที่มีน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงก็เกิดขึ้นในหม้อหุงข้าวที่มีน้ำร้อน

ภาพ 31 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อ
ที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้

(S20,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 11.54 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 32



ก่อนต้มน้ำ



ขณะเดือด

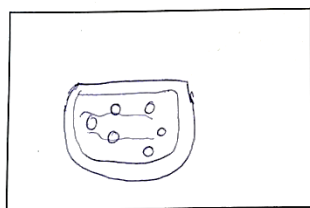
คำอธิบาย

เมื่ออุณหภูมิของของเหลวได้รับความร้อนถึงระดับหนึ่งก็เริ่มมีฟองอากาศลอยขึ้นและกลายเป็นไอ

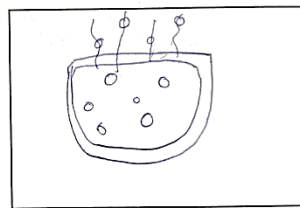
ภาพ 32 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้

(S26,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 7.69 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยงกับ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 33



ก่อนต้มน้ำ



ขณะเดือด

คำอธิบาย

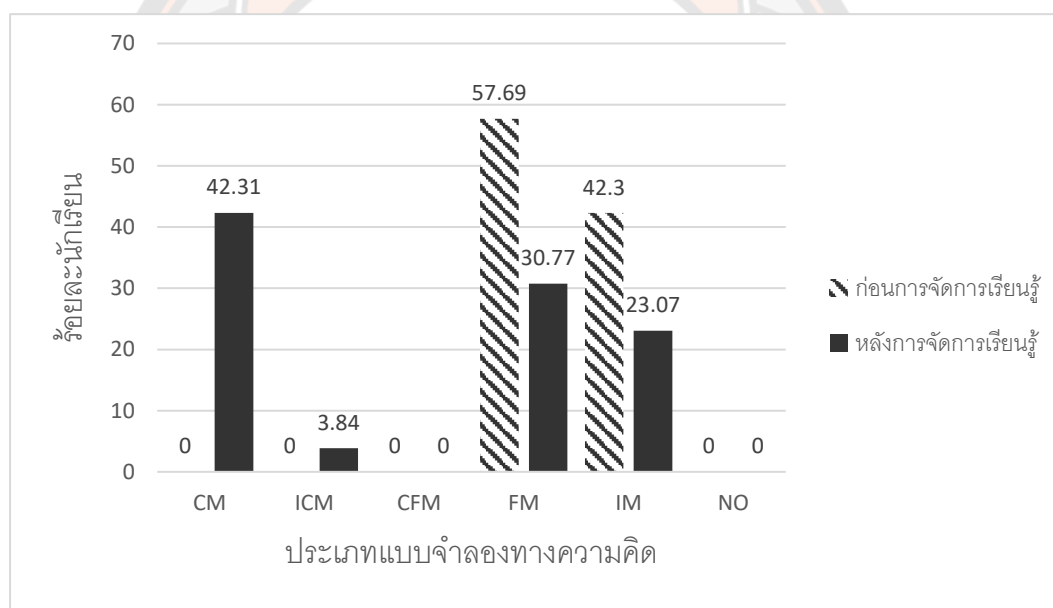
เมื่อ น้ำได้รับความร้อนจะเกิดฟองอากาศขึ้นและกลายเป็นไอ

ภาพ 33 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้

(S2,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

จากคำถามข้อที่ 5 ซึ่งถามว่า “.จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำซ็อกโกแลตเหลวไปแช่ในตู้เย็น พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน” ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ น้ำซ็อกโกแลตเหลวจะสูญเสียความร้อนทำให้การจัดเรียงอนุภาคของซ็อกโกแลตจะอยู่ชิดกันมากขึ้น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคซ็อกโกแลตเหลวเพิ่มมากขึ้น ทำให้อนุภาคซ็อกโกแลตเหลวจะเคลื่อนที่ช้าลง ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 57.69) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียน (ร้อยละ 42.31) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมาก

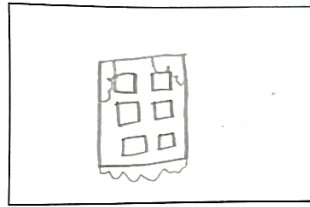
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด
เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร



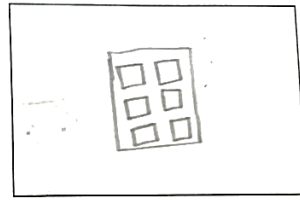
ภาพ 34 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ข้อที่ 5 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ส่วนใหญ่ (57.69) มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FM) พบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และไม่สามารถวาดภาพได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 35



ช็อกโกแลตในอุณหภูมิต่ำ



ช็อกโกแลตในตู้เย็น

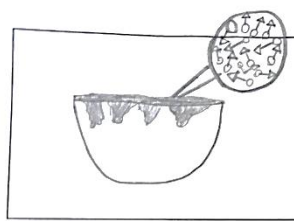
คำอธิบาย

ช็อกโกแลตเมื่ออยู่ในอุณหภูมิปกติจะมีการหลอมตัวเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้ช็อกโกแลตมีลักษณะที่เหนียวและติดกัน แต่ถ้าเราเอาช็อกโกแลตไปใส่ในตู้เย็นหรือแช่เย็นช็อกโกแลตจะแข็งตัวและแตกเป็นชิ้นๆ ซึ่งนี่คือสิ่งที่เราต้องการในการทำช็อกโกแลต

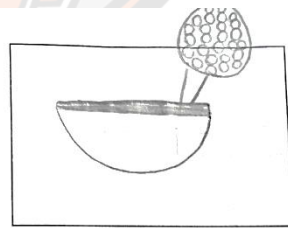
ภาพ 35 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 5 ก่อนการจัดการเรียนรู้

(S1,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42.31) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า น้ำช็อกโกแลตเหลวจะสูญเสียความร้อนทำให้การจัดเรียงอนุภาคของช็อกโกแลตจะอยู่ชิดกันมากขึ้น แรงแยัดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคช็อกโกแลตเหลวเพิ่มมากขึ้น ทำให้อนุภาคช็อกโกแลตเหลวจะเคลื่อนที่ช้าลง และสามารถวาดแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 36



ช็อกโกแลตในอุณหภูมิต่ำ



ช็อกโกแลตในตู้เย็น

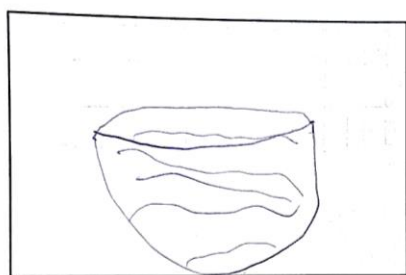
คำอธิบาย

เมื่อเราใส่ช็อกโกแลตไปแช่เย็นช็อกโกแลตจะแข็งตัวและแตกเป็นชิ้นๆ ซึ่งนี่คือสิ่งที่เราต้องการในการทำช็อกโกแลต

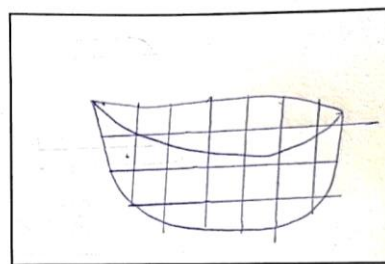
ภาพ 36 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้

(S1,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

รองลงมาคือ นักเรียนร้อยละ 30.77 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนไม่สามารถวาดอนุภาคของช็อกโกแลตในสถานะของแข็งและของเหลวได้ และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 37



ช็อกโกแลตในอุณหภูมิปกติ



ช็อกโกแลตในตู้เย็น

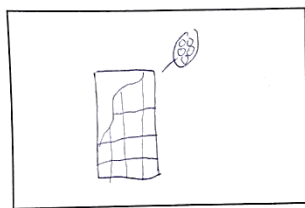
คำอธิบาย

เส้นน้ำช็อกโกแลตไหลออกไปข้างในตู้ของเกิดการแข็งตัว

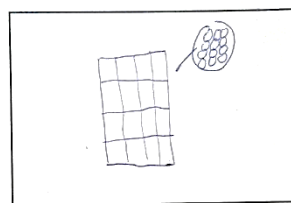
ภาพ 37 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อที่ 5 หลัง
การจัดการเรียนรู้

(S2,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และมีนักเรียนร้อยละ 23.07 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยงกับ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 38



ช็อกโกแลตในอุณหภูมิปกติ



ช็อกโกแลตในตู้เย็น

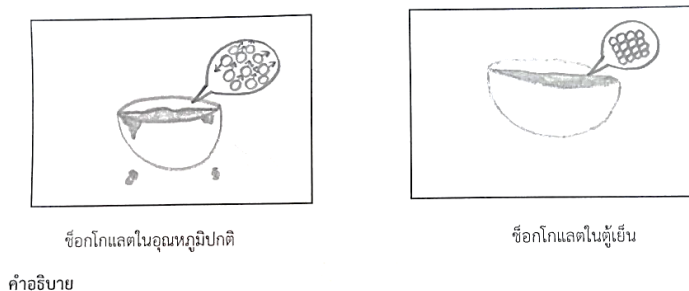
คำอธิบาย

นี่เป็นถ้วย 10 น. ตักน้ำร้อน ฟานหรือที่กอลง โดยจะมีที่ลงลงได้รวมสามอัน ๑๖.๓๐.๕๖
โดยคงจะเห็นแค่สิ่งหนึ่ง ๑๖.๓๐.๕๖ ของใช้มาคงจะเห็นด้วยกับใจตัวเอง

ภาพ 38 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ในคำถามข้อที่ 5 หลัง
การจัดการเรียนรู้

(S11,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 3.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน โดยนักเรียนบอกเพียงว่า อนุภาคเรียงชิดติดกันแต่ไม่ได้อธิบายแรงยึดเหนี่ยวของอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาคได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 39



คำอธิบาย

.....
 ...เมื่อช็อกโกแลตไม่แข็งตัว..... ช็อกโกแลตของหนูจะแข็งตัว..... เพราะอนุภาคเรียงชิดติดกันอนุภาคชิด
 ใช้ยึดไว้ด้วยกันจึงเกาะกันไว้ด้วยกัน.....

ภาพ 39 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อ
 ที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้

(S14,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

เมื่อหาค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเรื่องอธิบายความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร ทั้ง 2 ข้อ พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (57.69) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง และหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แล้วพบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในเกณฑ์สูงขึ้น โดยส่วนใหญ่ นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องร้อยละ 42.31 สอดคล้องกับแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : นักเรียนรู้จักภาพ 6 หรือไม่

นักเรียนB : รู้จักค่ะ

ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่ารูปที่ 6 เกี่ยวกับพลังงานความร้อนหรือไม่

นักเรียนB : เป็นค่ะ

ผู้วิจัย : เพราะเหตุใดจึงคิดว่ารูปที่ 6 เป็นหรือไม่เป็นพลังงานความร้อน

นักเรียนB: เพราะร้อนทำให้น้ำในกาเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอค่ะ

ผู้วิจัย : โอเคค่ะ

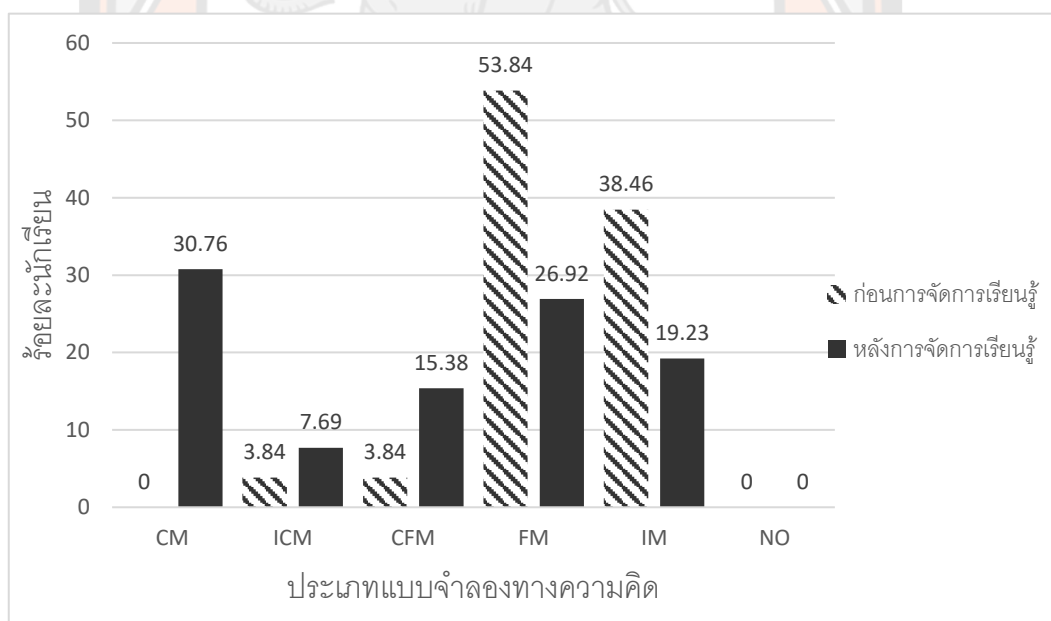
และนักเรียนในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าเกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อน แต่ไม่สามารถอธิบายได้ครบถ้วนสมบูรณ์

1.4 การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน

จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เนื้อหาย่อยเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน มีข้อคำถามทั้งหมด 1 ข้อดังนี้

จากคำถามข้อที่ 6 ซึ่งถามว่า “จงอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของน้ำจากการต้มน้ำจนเดือด พร้อมกับวาดภาพประกอบ ” ซึ่งแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คือ อนุภาคของน้ำในภาเคลื่อนที่ขึ้นไปด้านบนบริเวณผิวหน้า พร้อมกับพาความร้อนไปด้วยแสดงด้วยวงกลมสีแดง เมื่อถึงบริเวณผิวหน้าของของเหลว อนุภาคของของเหลวจะตกลงมาแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ด้วยเส้นประ ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.84) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) และหลังการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 30.76) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมากและมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องน้อยลง

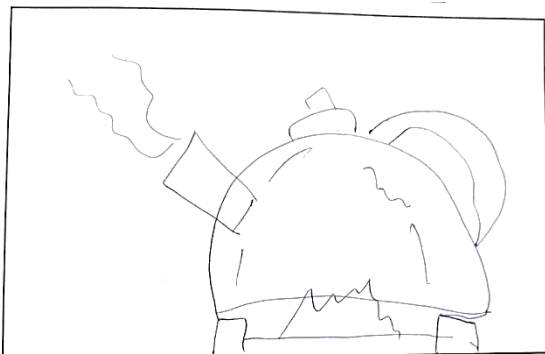
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด
เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน



ภาพ 40 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน ข้อที่ 6 ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ส่วนใหญ่ (53.84) มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง (FM) พบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวันให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และไม่สามารถวาดภาพได้ถูกต้อง ดังภาพ 41



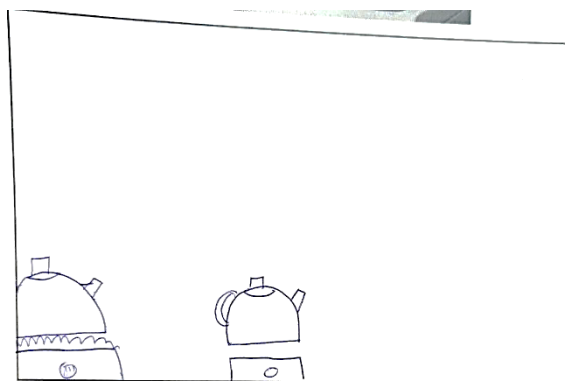
คำอธิบาย

น้ำในภาชนะนี้ ได้รับ ความร้อนจากเวลา ๗ และอยู่ในภาชนะที่มีรูปร่างต่าง ๆ
จึงมีความร้อน

ภาพ 41 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องในคำถามข้อที่ 6 ก่อนการ
จัดการเรียนรู้

(S24,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 กุมภาพันธ์ 2566)

หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 30.76) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า อนุภาคของน้ำในภาชนะที่ขึ้นไปด้านบนบริเวณผิวหน้า พร้อมกับพาความร้อนไปด้วยแสดงด้วยวงกลมสีแดง เมื่อถึงบริเวณผิวหน้าของของเหลว อนุภาคของของเหลวจะตกลงมาแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ด้วยเส้นประ และสามารถวาดแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 42



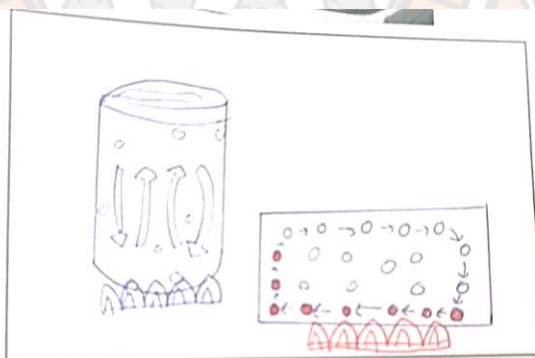
คำอธิบาย

เมื่อต้มน้ำร้อนแล้วไปต้มน้ำเย็น พวกหม้อต้มน้ำร้อนและหม้อต้มน้ำเย็น

ภาพ 44 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ในคำถามข้อที่ 6 หลัง
การจัดการเรียนรู้

(S19,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 15.38 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่การอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 45



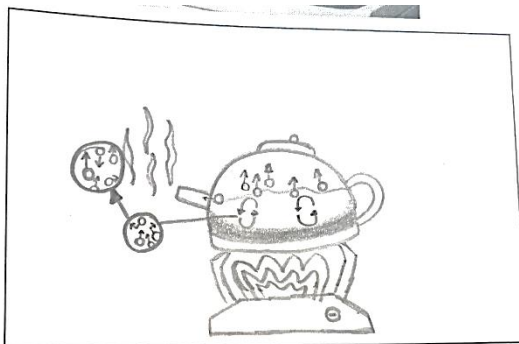
คำอธิบาย

เมื่อต้มน้ำร้อนแล้วไปต้มน้ำเย็น พวกหม้อต้มน้ำร้อนและหม้อต้มน้ำเย็น

ภาพ 45 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ในคำถามข้อ
ที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้

(S2,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 7.69 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพ 46



คำอธิบาย

.....นี่แหละแก่นใจของความร้อน จากที่ก๊อปมาไม่ผิดก็ โดยที่อยู่ที่ไหน มันก็ส่งความร้อน.....
ทุกที่อากาศมันจะขึ้น.....พร้อมทั้งของความร้อนไปโดนคน โดนสัตว์ ของที่อยู่ที่ไหนมันก็จะไม่รับความร้อน.....
ที่อุณหภูมิที่ต่ำว่า.....

ภาพ 46 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในคำถามข้อ
 ที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้
 (S14,แบบวัดแบบจำลองทางความคิด, 8 มีนาคม 2566)

เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเรื่องอธิบายการถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ (53.84) มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง และหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แล้วพบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในเกณฑ์สูงขึ้น โดยส่วนใหญ่ นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องร้อยละ 30.76 สอดคล้องกับแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : นักเรียนรู้จักภาพ 3 หรือไม่

นักเรียนC : รู้จักครับ

ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่ารูปที่ 3 เกี่ยวกับพลังงานความร้อนหรือไม่

นักเรียนB : เป็นครับ

ผู้วิจัย : เพราะเหตุใดจึงคิดว่ารูปที่ 3 เป็นหรือไม่เป็นพลังงานความร้อน

นักเรียนC : เพราะเป็นการถ่ายโอนโดยการพาความร้อนครับ โดยน้ำที่อยู่กันหม้อจะได้รับความร้อนครับ แล้วลอยขึ้นไปด้านบนความส่วนน้ำด้านบนจะจมลงมาด้านล่างครับ

ผู้วิจัย : โอเคค่ะ

และนักเรียนในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าเกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อน แต่ไม่สามารถอธิบายได้ครบถ้วนสมบูรณ์

2.ผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน

การศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดแบบจำลองทางความคิดในแต่ละวงจรปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 11 ร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อนในแต่ละแนวคิดย่อย เรื่อง พลังงานความร้อน

แนวคิดย่อย	จำนวนนักเรียน (คน) แต่ละกลุ่ม (N = 26) ร้อยละ					
	CM	ICM	CFM	FM	IM	No
เรื่อง พลังงานความร้อน						
อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ	38.46	30.76	11.54	15.38	3.84	0
ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร	42.30	34.61	19.23	3.84	0	0
ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร	46.15	23.07	19.23	11.54	0	0
การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน	69.23	26.92	3.84	0	0	0

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากชิ้นงานของนักเรียน ซึ่งได้แก่ การวาดภาพ 2 มิติ ของนักเรียน ในแต่ละแนวคิทย่อยระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในแต่ละแนวคิทย่อย

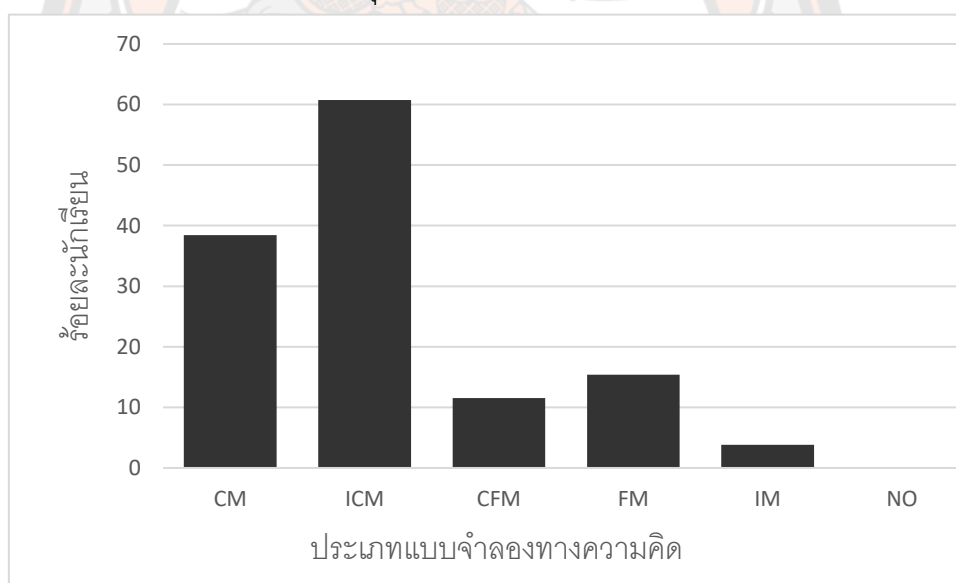
นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องร้อยละ 38.46 ร้อยละ 42.30 ร้อยละ 46.15 และร้อยละ 69.23 ตามลำดับ ซึ่งเกือบทุกแนวคิทย่อยมีร้อยละที่มากกว่าเมื่อเทียบกับแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง อีกทั้งนักเรียนยังสามารถนำความรู้ที่ได้ระหว่างทำกิจกรรมมาใช้ในการอธิบายเหตุผลได้อย่าง สมบูรณ์มากขึ้น

2.1 อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

ในเรื่องย่อยนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำ คือ การให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง 2 มิติโดยการวาดรูปและเขียนคำอธิบายความเข้าใจของตนเองใน เรื่องอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด



เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ



ภาพ 47 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

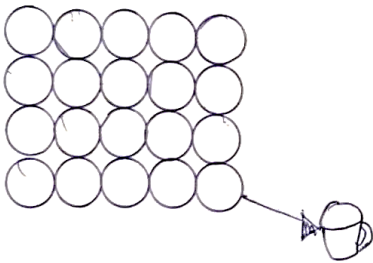
จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 38.46) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) คือ นักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบาย การเรียงอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ ได้ถูกต้องดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนใน ภาพ 48

ของแข็ง	
	<p>ก้อนหิน</p> 
	<p>มีอนุภาคเรียงชิด ติดกัน และมีแรงยึด เหนี่ยวกันมากที่สุด ของแข็งไม่สามาร เคลื่อนที่ได้ แต่จะสั่นอยู่กับที่</p>

ภาพ 48 คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องในเรื่องอนุภาคของสสารใน
แต่ละสถานะ

(S14, วงจรปฏิบัติที่ 1, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

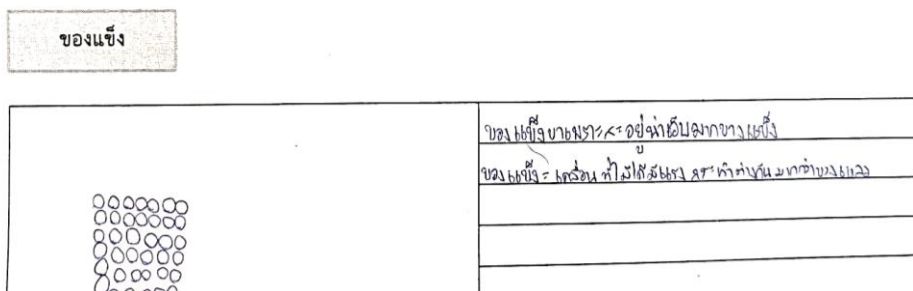
รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 30.76 มีแบบจำลองทางความคิดที่แบบจำลองทางความคิดที่ ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตาม หลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน ยกตัวอย่าง เช่น การจัดเรียงอนุภาคของสถานะ ของแข็ง ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 49

ของแข็ง	
	<p>ของแข็งมีอนุภาครีขยวรัจัดชิดกัน มีแรงยึดเหนี่ยว ระเนวรัวแรงมากที่สุดอนุภาคอยู่กับที่จึงทำให้ ปริมาณคงที่</p>

ภาพ 49 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

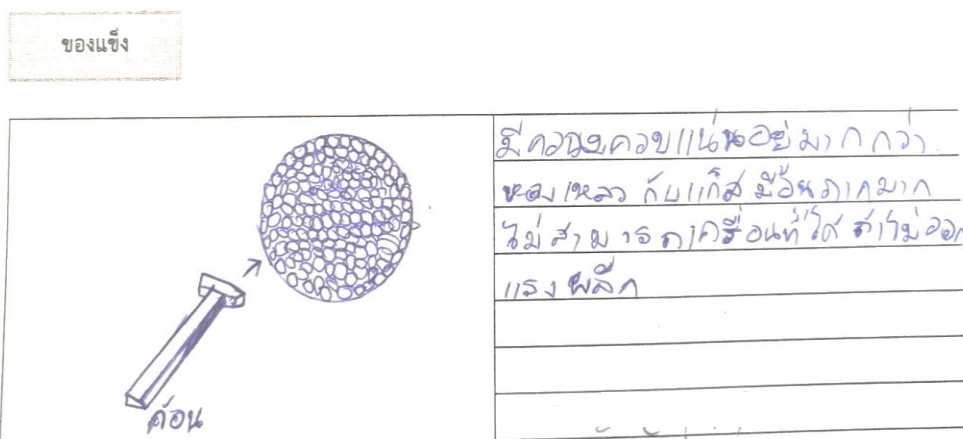
(S16, วงจรปฏิบัติที่ 1, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

และนักเรียนร้อยละ 15.38 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 50



ภาพ 50 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
(S19, วงจรปฏิบัติที่ 1, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

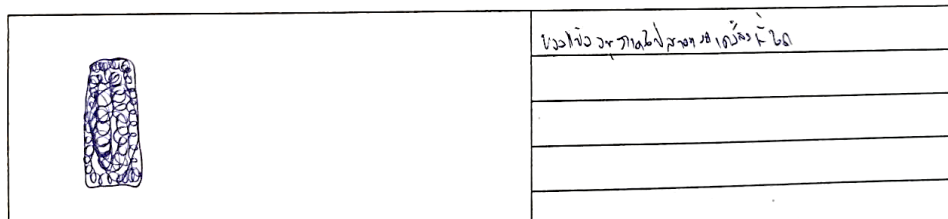
และนักเรียนร้อยละ 11.54 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่การอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนบอกเพียงว่า อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ แต่ไม่สามารถบอกลักษณะต่างๆของสถานะของแข็งได้ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 51



ภาพ 51 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง
(S3, วงจรปฏิบัติที่ 1, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

และนักเรียนร้อยละ 3.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยงกับข้อความ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 52

ของแข็ง



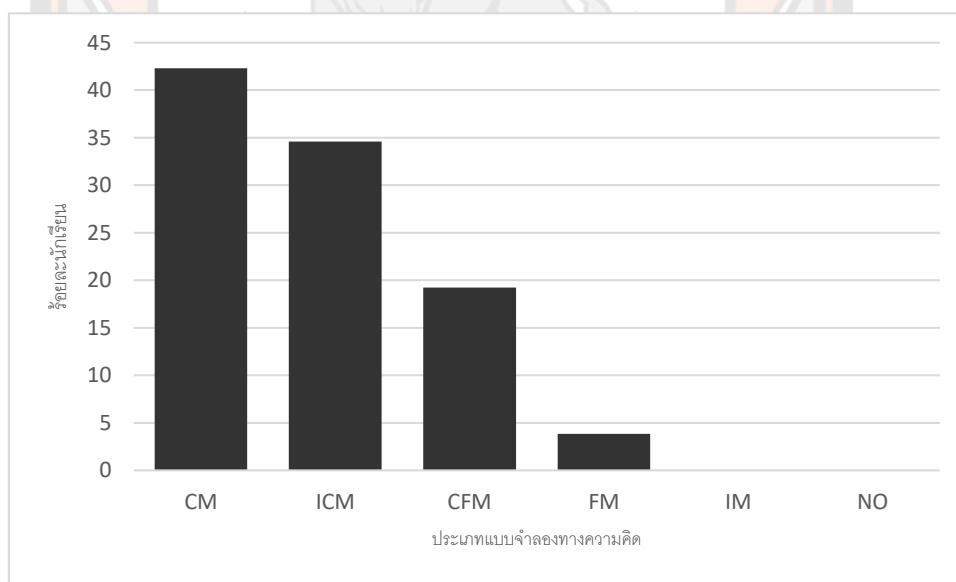
ภาพ 52 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง
(S7, วงจรปฏิบัติที่ 1, 16 กุมภาพันธ์ 2566)

2.2 ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร

ในเรื่องย่อเรื่องนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำ คือ การให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง 2 มิติโดยการวาดรูปและเขียนคำอธิบายความเข้าใจของตนเองในเรื่องความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร

แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด

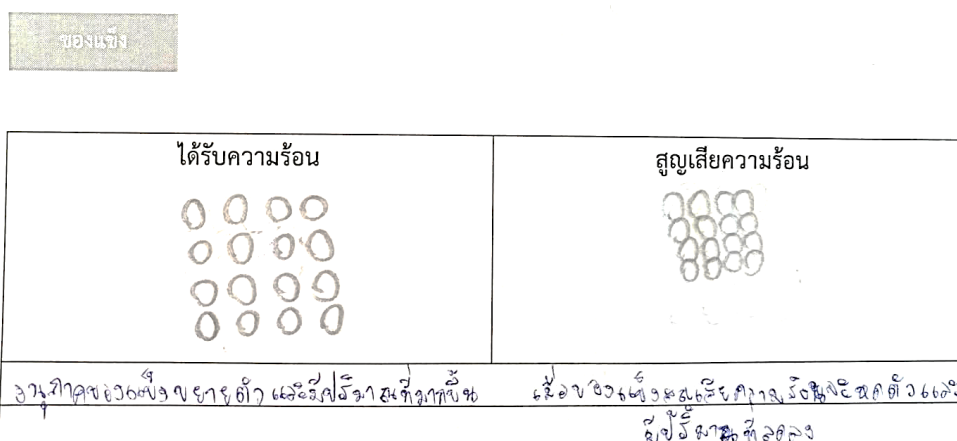
เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสาร



ภาพ 53 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการ
ขยายตัวและหดตัวของสสาร ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

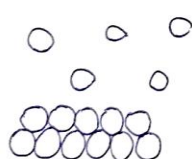
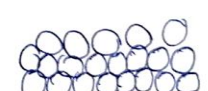
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42.30) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (CM) นักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบายความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสารได้ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น สถานะของแข็งเมื่อได้รับความร้อน และสูญเสียความร้อน ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 54





ภาพ 54 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
(S1, วจรปฏิบัติที่ 2, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

รองลงมาคือ นักเรียนร้อยละ 34.61 แบบจำลองทางความคิดที่แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน โดยนักเรียนบอกเพียงว่า ของแข็งเมื่อได้รับความร้อนจะกระจายตัวและลอยตัว และเมื่อของแข็งสูญเสียความร้อนจะหดตัวและคงที่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าของแข็งเมื่อได้รับความร้อนจะสั่นและขยายตัว ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ

ของแข็ง	
<p style="text-align: center;">ได้รับความร้อน</p> 	<p style="text-align: center;">สูญเสียความร้อน</p> 
<p>ได้รับความร้อนจากหลอดไฟ ๒ ชั่วโมง: ก. ข. ฉ. จ. ช. ซ. ๖๖๖๖ ๖๖๖๖</p>	<p>ของแข็ง ๖๖๖๖๖๖</p>

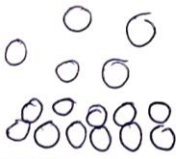

ภาพ 55 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (S17, วงจรปฏิบัติที่ 2, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

และนักเรียนร้อยละ 19.23 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่การอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนบอกเพียงว่า ของแข็งเมื่อได้รับความร้อนจะสูญเสียความร้อน และเมื่อสูญเสียความร้อนจะหดตัว แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าถ้าได้รับความร้อนจะขยายตัว ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 56

ของแข็ง	
<p style="text-align: center;">ได้รับความร้อน</p> 	<p style="text-align: center;">สูญเสียความร้อน</p> 
<p>ของแข็ง จะ ฟูขึ้น ได้รับความร้อน และ มีปริมาตรลดลง</p>	<p>ของแข็ง จะ หด จะ หนัก ทั้ง กว้าง ใ้ล้น</p>

ภาพ 56 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (S14, วงจรปฏิบัติที่ 2, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

และนักเรียนร้อยละ 3.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 57

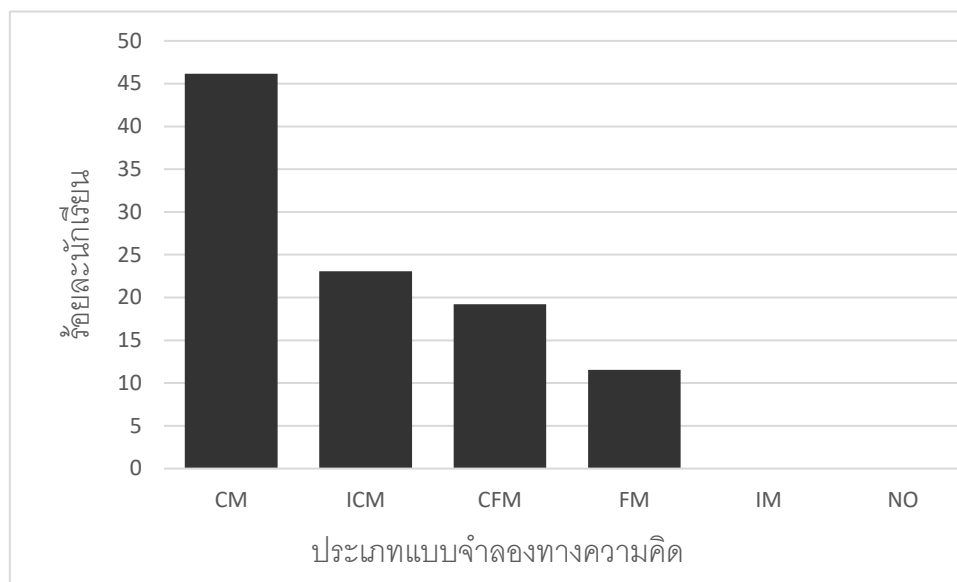
ของแข็ง	
<p style="text-align: center;">ได้รับความร้อน</p> 	<p style="text-align: center;">สูญเสียความร้อน</p> 
<p>จงภาพ ตี๋ อภากสิณ ทธ:๓๐๘</p>	<p>ชตฉี๋ ทงกัฒก นวเที๋</p>

ภาพ 57 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง
(S21, วงจรปฏิบัติที่ 2, 22 กุมภาพันธ์ 2566)

2.3 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร

ในเรื่องย่อเรื่องนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำคือ การให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง 2 มิติโดยการวาดรูปและเขียนคำอธิบายความเข้าใจของตนเองในเรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร

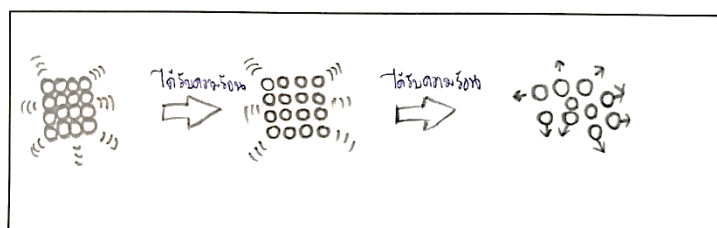
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด
เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร



ภาพ 58 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

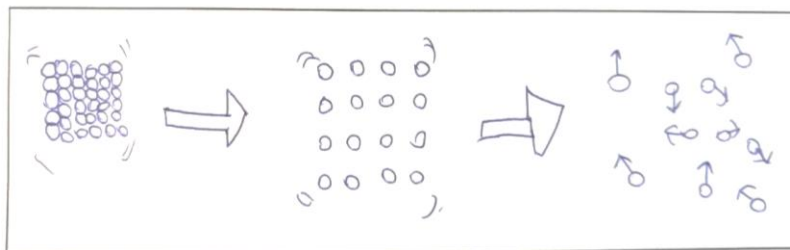
จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 46.15) มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง นักเรียนสามารถอธิบายเรื่อง ความร้อนมีผลทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ ยกตัวอย่างเช่นสถานะของแข็งเมื่อได้รับความร้อน ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 59



.....เมื่อได้รับความร้อนที่มากขึ้น... ความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้โมเลกุลสั่นสะเทือนมากขึ้นและเคลื่อนที่ไปมา...
โมเลกุลเคลื่อนที่ไปมา... เพื่อชนกันและรวมตัวกัน... ความร้อนที่ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เร็วขึ้นและชนกันมากขึ้น...
ก็เกิดของเหลวขึ้น... ทำให้ของเหลวหนึ่งสลายกลายเป็นแก๊ส...
ก็เกิดของแข็งขึ้น... ทำให้ของแข็งหนึ่งสลายกลายเป็นของเหลว...
ก็เกิดของแข็งขึ้น... ทำให้ของแข็งหนึ่งสลายกลายเป็นของเหลว...
ก็เกิดของแข็งขึ้น... ทำให้ของแข็งหนึ่งสลายกลายเป็นของเหลว...

ภาพ 59 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
(S14, วงจรปฏิบัติที่ 3, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

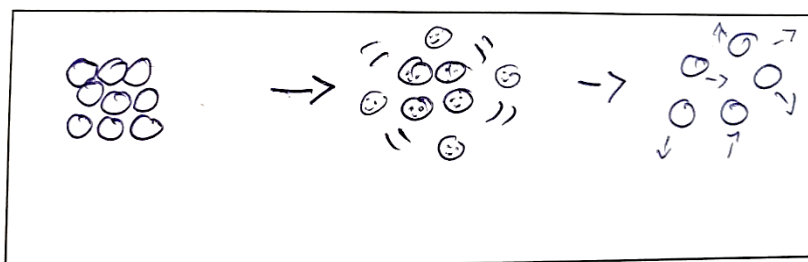
รองลงมาคือ นักเรียนร้อยละ 23.07 แบบจำลองทางความคิดที่แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน โดยนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าเมื่อได้รับความร้อนอนุภาคของแข็งจะสั่นและขยายตัว ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 60



ข้อสงสัยภาพก่อนเปลี่ยนสถานะ: ตอนไหนที่พลังงานทั้งหมดสามารถใช้ไปเพื่อสลายพันธะที่ผูกไว้ในอนุภาค
 เปลี่ยนสถานะโดยอนุภาคไม่เปลี่ยนแปลง แม้จะขยายตัวได้บ้างก็ตาม

ภาพ 60 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (S8, วงจรปฏิบัติที่ 3, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

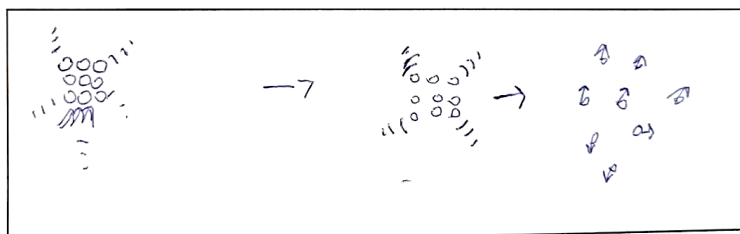
และนักเรียนร้อยละ 19.23 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM)) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมดโดยนักเรียนวาดอนุภาคของแข็งในขณะที่สั่นไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 61



อนุภาคของแข็ง -> อนุภาคสั่นมากขึ้นในบริเวณของอนุภาค
 -> อนุภาคของเหลว

ภาพ 61 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (S3, วงจรปฏิบัติที่ 3, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

และนักเรียนร้อยละ 11.54 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง และการอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 62



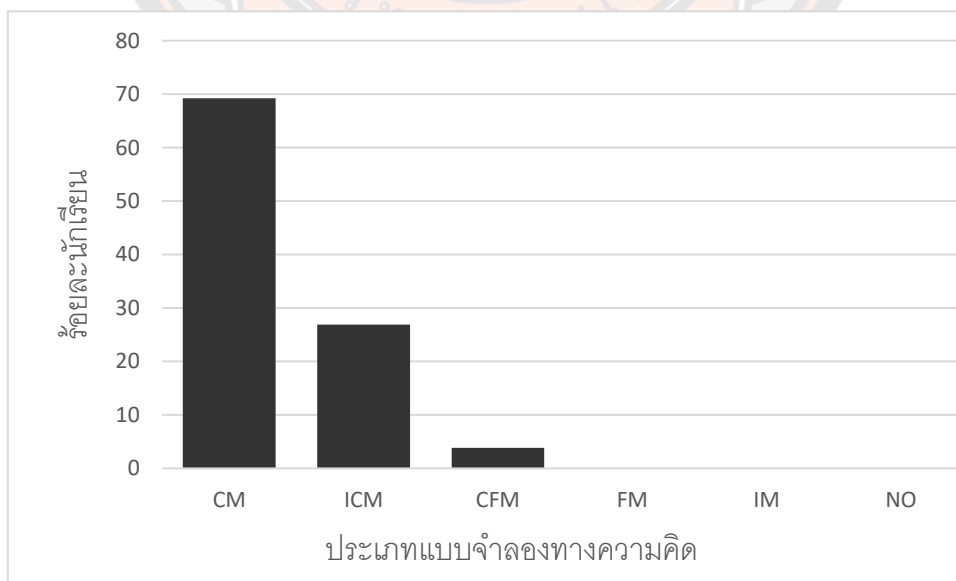
ชื่อ-นามสกุล: ... เรื่อง: การถ่ายโอนความร้อน ...

ภาพ 62 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (S2, วจรปฏิบัติที่ 3, 23 กุมภาพันธ์ 2566)

2.4 การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน

ในเรื่องย่อยนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ซึ่งกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำ คือ การให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง 2 มิติโดยการวาดรูปและเขียนคำอธิบายความเข้าใจของตนเองในเรื่องการถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน

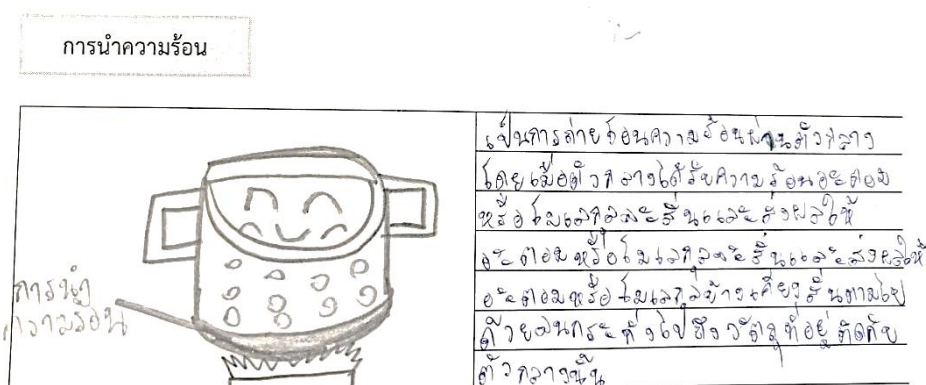
แผนภูมิแสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน



ภาพ 63 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

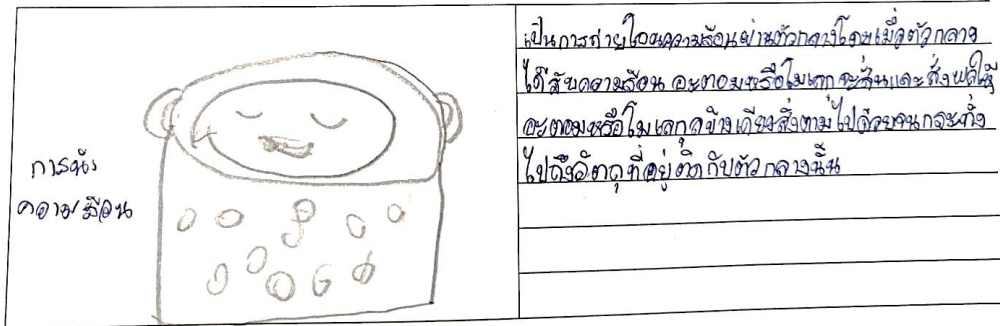
จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 69.23) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบายการถ่ายโอนความร้อนในแบบต่างๆได้ เช่น การนำความร้อน มีดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 64



ภาพ 64 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง
(S1, วงจรปฏิบัติที่ 4, 2 มีนาคม 2566)

รองลงมา คือ นักเรียนร้อยละ 26.92 แบบจำลองทางความคิดที่แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ มีการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่นำมายังไม่ชัดเจน โดยนักเรียนยังไม่ได้อธิบายการถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อนจะมีการถ่ายโอนจากอุณหภูมิจากสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 65

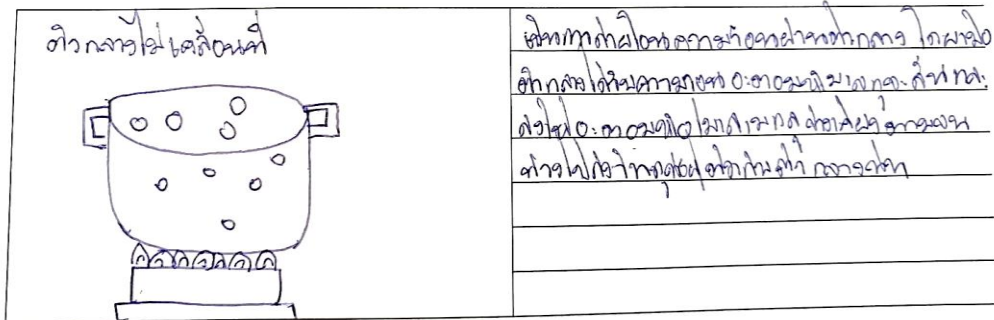
การนำความร้อน



ภาพ 65 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (S26, วงจรปฏิบัติที่ 4, 2 มีนาคม 2566)

และนักเรียนร้อยละ 19.23 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM)) โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิดได้ แต่การอธิบายไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพ 66

การนำความร้อน



ภาพ 66 แบบจำลองของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (S20, วงจรปฏิบัติที่ 4, 2 มีนาคม 2566)

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ

1. เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และในการวิจัยครั้งต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สรุปการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน

1) ขั้นตอนการจัดเตรียมพารามิเตอร์

ครูต้องมีการกำหนดจุดประสงค์ในแต่ละแผนให้ชัดเจน ครูควรเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เรื่อง พลังงานความร้อน เช่น การลอยของบอลลู่น การปิ้งปลา ครูต้องจัดเตรียมเทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้และแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ครูต้องเตรียมปฏิบัติการวัสดุ-อุปกรณ์ในการสืบเสาะหาความรู้ และทดสอบปฏิบัติการล่วงหน้าก่อน

2) ขั้นตอนการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้

ครูทบทวนความรู้เดิมนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคน ครูต้องนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น ภาพบอลลู่นลอย ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเริ่มต้นได้ ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบหรือแนวความรู้เดิมออกมา โดยคำถามที่นำมาจะต้องชัดเจนตรงประเด็น เป็นคำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ครูควรหาคลิปวิดีโอหรือข่าวที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และมีการตั้งคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การวาดภาพแบบจำลองเริ่มต้น 2 มิติ ของนักเรียน เช่น ครูนำภาพบอลลู่นให้นักเรียนดูแล้วถามคำถามต่อไปนี้ “นักเรียนคิดว่า บอลลู่นลอยอยู่ในอากาศได้อย่างไร” และถามนักเรียนอีกว่า จากภาพบอลลู่นที่ลอยคิดว่ามีปัจจัยอะไรที่ทำให้บอลลู่นลอยได้ โดยให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และ ครูบอกถึงกิจกรรมที่จะเรียน

และให้นักเรียนวาดภาพ 2 มิติ ที่เป็นแบบจำลองเริ่มต้นของแต่ละคน พร้อมกับให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง

3) ขั้นการทดสอบแบบจำลอง

นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเอง และครูควรทดลองล่วงหน้าก่อนเสมอ รวมทั้งในการจัดกลุ่มของนักเรียนควรจัดกลุ่มการทดลองใหม่ทุกครั้ง โดยคละความสามารถและพยายามไม่ให้อ้างกลุ่มเดิม จากนั้นครูจะต้องให้นักเรียนวางแผนการดำเนินการทดลอง ซึ่งปัญหาที่พบคือ นักเรียนบางกลุ่มแบ่งหน้าที่ไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน จึงทำให้ทำการทดลองล่าช้ากว่ากำหนด ดังนั้นครูจะต้องควบคุมเวลาให้ตรงตามที่กำหนดไว้ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้เกิดแนวคิดที่ถูกต้องและให้นักเรียนนำแบบจำลองไปปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้อง

4) ขั้นการค้นหาหลักฐาน

ครูจะต้องให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ โดยนักเรียนต้องตอบคำถามได้ว่าสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นการทดสอบแบบจำลองตรงกับสิ่งที่คาดไว้หรือไม่ แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นการทดสอบแบบจำลองได้หรือไม่ ซึ่งพบว่านักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายได้ และบางส่วนไม่สามารถอธิบายได้ และใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถร่วมกันอธิบายได้อย่างถูกต้องและระบุหลักฐานในการปรับแก้แบบจำลองได้ชัดเจนได้

5) ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน

ครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ครูชี้แนะแนวทางในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองโดยตั้งคำถามเพื่อเป็นประเด็นโต้แย้งให้กับนักเรียนในการปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และครูควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น โดยปรับแก้แบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้ และเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ไม่คัดลอกของเพื่อนพร้อมให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนในห้องเรียน

6) ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ครูควรตั้งคำถามในใบกิจกรรมให้ชัดเจน ถ้ามีข้อไหนยากควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน และครูควรหาสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น ความร้อนจากเตาไฟมาถึงตัวปลาขณะกำลังปิ้ง เป็นการถ่ายโอนแบบใด เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้คำอธิบายและทำนายจากขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยนมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ได้ เช่น ให้สถานการณ์ว่า เพราะเหตุใดจึงจำเป็นต้องสร้างรางรถไฟให้มีช่องว่างของเหล็ก เป็นช่วงๆและหากไม่มีการเว้นช่องว่างระหว่างเหล็กนั้นจะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้น หากต้องการเปิดฝาโหลแก้วที่มีฝาเป็นโลหะ แต่

พบว่าฝาปิดแน่นไม่สามารถเปิดได้ นักเรียนจะแก้ไขปัญหาการเปิดขวดยากนี้ได้อย่างไร เพราะเหตุใด จึงเลือกวิธีการนั้น เป็นต้น

ผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าคะแนนร้อยละจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด และแบบสัมภาษณ์ หลังจากทีนักเรียนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 41.83 ที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่ม แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) มีค่าลดลงจากก่อนเรียน ร้อยละ 57.68 เป็นร้อยละ 19.71 และมีค่าลดลงทุกแนวคิดย่อย และจากการตรวจชิ้นงานในใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-4 นักเรียนมีร้อยละแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นในทุกวงจรตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1 ร้อยละ 38.46 วงจรปฏิบัติการที่ 2 ร้อยละ 42.30 วงจรปฏิบัติการที่ 3 ร้อยละ 46.15 และวงจรปฏิบัติการที่ 4 ร้อยละ 69.23 ค่อยเพิ่มขึ้นตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน หลังการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากชิ้นงานของนักเรียนชนทั้ง 4 หัวข้อการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ ชิ้นงานแบบจำลอง 2 มิติ มีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกหัวข้อเมื่อเทียบกับแบบจำลองทางความคิดอื่น ซึ่งนักเรียนสามารถวาดแบบจำลอง 2 มิติได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลการวัดแบบจำลองทางความคิดและแบบสัมภาษณ์นักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ โดย นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 41.83 ที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่ม แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) มีค่าลดลงจากก่อนเรียน ร้อยละ 57.68 เป็นร้อยละ 19.71 และมีค่าลดลงทุกแนวคิดย่อย และยังพบอีกว่าจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องน้อยลงสอดคล้องกับ Barak, & Hussein-Farraj (2013) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อเทคโนโลยีมาช่วยการสอนเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จะช่วยทำให้นักเรียนสามารถจินตนาการถึงปรากฏการณ์ได้ดีและยังทำให้สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ดีขึ้นอีกด้วย

ในขั้นการจัดเตรียมพารามิเตอร์จากการกำหนดจุดประสงค์ที่ชัดเจน มีการเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องศึกษา ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ ที่ครูใช้สถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันใกล้ตัวนักเรียนที่เกี่ยวกับพลังงานความร้อน ซึ่งอาจจะเป็นสื่อ ข่าว หรือวิดีโอ จะช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและทำให้นักเรียนต้องการที่จะเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากสถานการณ์การลอยของบอลลูกในงานต่างๆ ซึ่งนักเรียนมีความสนใจในการดูสื่อที่ครูนำเสนอ และพยายามหาคำอธิบายมาใช้ตอบคำถามในการสร้างแบบจำลองเริ่มต้น สอดคล้องกับ ภารทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ที่กล่าวว่า การนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่น่าสนใจ จะช่วยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองได้ง่ายขึ้น และยังช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ในห้องเรียนให้เกิดความสนุกอีกด้วย และเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นการทดสอบแบบจำลอง จากการเตรียมแหล่งข้อมูลในการสืบค้นที่มีความน่าเชื่อถือและมีความหลากหลายพร้อมทั้งเห็นภาพชัดเจน มีการจัดกลุ่มความสามารถและให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ชัดเจนในการทดลอง พร้อมทั้งมีการร่วมกันอภิปรายเพื่อให้เกิดแนวคิดที่ถูกต้องและทำให้นักเรียนนำแบบจำลองไปปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นที่ 4 แนวคิดย่อยขั้นการค้นหาลักษณะ จากที่นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองของตนเองจากที่วาดภาพ 2 มิติไว้ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ โดยนักเรียนต้องตอบคำถามได้ว่าสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นการทดสอบแบบจำลองตรงกับสิ่งที่คาดไว้หรือไม่ แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นการทดสอบแบบจำลองได้หรือไม่ สอดคล้องกับ อธิธา ชาตวิวรรณ (2550) ในขั้นนี้ครูจึงต้องมีการใช้คำถามกระตุ้นเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถมองเห็นถึงความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน มีการสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น โดยปรับแก้แบบจำลองให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ได้ซึ่งสอดคล้องกับ นิลุบล สาระ (2562) กิจกรรมขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน ช่วยฝึกกระบวนการคิดทำให้เกิดความรู้ ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจชัดเจนยิ่งขึ้น และขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ครูหาสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนสามารถใช้คำอธิบายและทำนายจากมาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ได้

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า คะแนนร้อยละ จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด และแบบสัมภาษณ์ หลังจากให้นักเรียนเรียนด้วยการจัดการ

เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 41.83 ที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่ม แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) มีค่าลดลงจากก่อนเรียน ร้อยละ 57.68 เป็นร้อยละ 19.71 และมีค่าลดลงทุกแนวคิดย่อย ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดย่อยที่มีร้อยละของแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากที่สุดคือ ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของสสารคือร้อยละ 50.00 เนื่องจากในการสอนในแนวคิดย่อยนี้มีการใช้คำถามกระตุ้นโดยใช้เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การลอยของบอลลูกซึ่งนักเรียนสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปมาเชื่อมโยงเพื่อให้ นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด สอดคล้องกับ ณัชกฤต เกื้อทาน (2557) ที่ใช้คำถามในการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุดอีกทั้ง การให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันกับเพื่อนภายในกลุ่ม จะทำให้นักเรียนยอมรับแบบจำลองทางความคิดของคนอื่น และได้ซึมซับความรู้จากผู้อื่นมากยิ่งขึ้นและจากการทดลองซึ่งทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงแก้ไขแบบจำลองทางความคิดด้วยตนเองจึงทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากที่สุด สอดคล้องกับ ราตรี ยะคำ และคณะ (2560) วิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่แสดงออกจากกิจกรรมผ่านสถานการณ์หรือปัญหาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนได้ลงมือดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นด้วยตนเอง การอภิปรายและให้นักเรียนสรุปความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองของตนเองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆได้ ส่วนแนวคิดที่มีร้อยละของแบบจำลองที่ถูกต้องน้อยที่สุดคือ การถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวัน ร้อยละ 30.76 เป็นผลมาจากนักเรียนแต่ละคนไม่ได้ทำการทดลองครบทุกการทดลองโดยผู้วิจัยแบ่งกลุ่มให้แต่ละกลุ่มทำการทดลองและมาอภิปรายร่วมกันซึ่งนักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง จึงทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องน้อยที่สุด และการทำกิจกรรมที่มีความหลากหลายทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองที่ถูกต้องมากขึ้นและจากการตรวจชิ้นงานในใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 - 4 นักเรียนมีร้อยละแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นในทุกวงจรสอดคล้องกับ Moutinho, et al. (2017) ได้นำแบบจำลองที่มีความหลากหลายมาใช้ในกิจกรรมการสอน ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้ แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จทั้งหมด ดังจะเห็นได้จากผลการวิจัยที่นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดยังไม่ถึงเกณฑ์แบบจำลองที่ถูกต้องทั้งหมด ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีสถานการณ์ในชีวิตประจำวันให้เห็นชัดเจนเกี่ยวกับเรื่องพลังงานความร้อนเพื่อทำให้นักเรียนได้มองเห็นถึงแบบจำลองทางความคิดในเรื่องพลังงานความร้อนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ครูควรเน้นให้มีการอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยใช้คำถามของครูกระตุ้นหรือกระตุ้นให้สงสัยและนำไปสู่การถามคำถาม เพื่อให้เกิดการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยพบว่ากระบวนการทำงานเป็นกลุ่มเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของกระบวนการกลุ่มร่วมด้วยซึ่งอาจมีบทบาทในการส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

บรรณานุกรม



- กนกภรณ์ ทรวดทรง. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมนทัศน์ เรื่อง สารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยนเรศวร
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์. (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. สืบค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2565. จากเว็บไซต์ <https://www.scimath.org/ebooks>
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
- จิตติมา ตมหอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียน เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชไมพร หลาบโพธิ์. (2555). ผลของการอุปมา ร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาที่มีต่อความเข้าใจ มโนคติเรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา, ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning). วารสารศึกษาปริทัศน์, 29(3), 86- 87
- ธีรดา ชาติวรรณ, ธิติยา บงกชเพชร และอนุสรณ์ วรสิงห์. (2550). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธุโคเวเลนต์, วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาลันนเรศวร, พิษณุโลก
- ธีร์ธวัช นาจันท์. (2558). การส่งเสริมการสร้างค อธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- บุญชม ศรีสะอาด. (2554). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 9 แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น
- นิลอุบล สาระ (2562) การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุลของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ
โปรแกรม ChemDraw, วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาลันเรนศวร, พิษณุโลก
- พลักษณ์ ขวัญใจ (2556) ผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์
ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักด้าน
สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นวิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์
หลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนา
แบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์). กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัชกฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง. (2554), แบบจำลองความคิดเรื่อง
พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์ และ
มนุษยศาสตร์. 17(2), 29-314.
- ณัชกฤต เกื้อทาน.(2557). การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 4 (วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐ ติชเจริญ, กรวัฒน์ พลเยี่ยม, พนิดา วัจนะฮาด, และบุริม จารุรัส. (2557). การพัฒนาสื่อการ
เรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี ด้วยเทคโนโลยีออกแบบโต้ตอบได้. วารสาร
หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 5(1),21-27
- ราตรี ยะคำ, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และ วิจารณ์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2560). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อ
พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และ
ผลิตภัณฑ์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 22(1), 190-203
- ศุภกาญจน์ รัตนกร. (2552). การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของ
แบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องเกรส-เบล (วิทยานิพนธ์ปริญญา
โทบริหารศึกษาศาสตร์), กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21.
เพชรบูรณ์: จุฬติสการพิมพ์
- สุทธิดา จำรัส. (2557). หน่วยที่ 8. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 1. 22758 สารัตถะและ

- วิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2549). ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ
แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล. กรุงเทพฯ: อินเทอร์เน็ตดูเคชั่น ซัพพลายส์.
- อนุพงศ์ ไพธศรี, ชาตรี ฝ่ายคำตา, เอกรัตน์ ทานาค, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, เอกภูมิ จันทรวงศ์
(2565). การสร้างและใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร, 24(1), 350 – 351
- อารยา ควัฒน์กุล. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้
แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้าง
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อารยา ควัฒน์กุล, จันทพร พรหมมาศ, ภัทรภร ชัยประเสริฐ. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี
เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทาง
วิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6. วารสารศึกษาศาสตร์, 26(2), 45
- ฮามิต๊ะ มุสอ (2555). การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ คศ.ม.,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร
- Acher, A., Arca, M. & Sanmati, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for
Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. Science
Education, 91, 398-418.
- Artdej, R., Meela, P., & Sriboonlert, S. (2014). The role of model-based inquiry in
supporting students' conceptual understanding. Proceeding of the Australian
Conference on Science and Mathematics Education (formerly UniServe
Science Conference). (pp. 112-119). Australia: University of Sydney.
- Buckley, B. C., J. D. Gobert, A. C. H. Kindfield, P. Horwitz, R. F. Tinker, B. Gerlits, U.
Wilensky, C. Dede, & J. Willett. (2004). Model-based teaching and learning
with biologicalTM: what do they learn? How learn? How do we know? Journal
of Science Education and Technology, 13 (1), 23-41.
- Buckley, B. C. & C.J. Bouter. (2000). Investigating the role of representations and
expressed models in building mental models. Developing Models in Science

- Education. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 119-135.
- Coll, R. K. (2008). Chemistry learners' preferred mental models for chemical bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5(1), 22-47
- Campbell, T., Zhang, D. & Neilson, D. (2011). Model based inquiry in the high school physics classroom: An exploratory study of implementation and outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 258-269.
- Chabalengula, V.M. , Mumba F. (2012). Promoting biological knowledge generation using model-based Inquiry instruction, *International Journal of Biology Education*, 2(1), 1-24
- Gilbert, J.K. & Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*. Arlington: NSTA Press.
- Gilbert, J. K, Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education And in Design and Technology Education. Retrieved from https://link.springer.com/chapter10.1007%2F978-94-010-0876-1_1
- Greca, I. M. & M. A. Moreira. (2000). Mental models, conceptual Models, and modeling. *International Journal of Science Education*. 22(1), 1-11.
- Harrison, A. G, & D. F. Treagust. (2000). Learning about atom, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002) . Modelling, Teachers' Views on the Nature of Modelling, and Implications for the Education of Modelers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Lederman. J., Lederman, N. Bartos, S. Bartel, S. Bartel, S. Meyer, A. & Schwartz, R. (2014). Meaningful assessment of learners' understanding about scientific inquiry: The Views About Scientific Inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.
- Lee, S., & Kim, H. (2013). Exploring secondary student' epistemological features depending on the evaluation levels of the group model on blood circulation. *Science Education*, 23, 1075-1099.

- Minner, D.D., Levy, A.J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Neilson, D., Campbell, T. & Allred, B. (2010). Model-based inquiry in physics: A buoyant force module. *The Science Teacher*, 77(8), 38-43.
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
- Organ-Bekiroglu, F. (2007). Effect of model-based teaching on per-service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases, and lunar phenomena. *International Journal of Science Education*. 29(5), 555-593
- Simpson, W. D., & Marek, E. A. (1988). Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5), 361-374.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D. and Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Windchitl, M., Thomson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the Scientific Method: Model-based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.

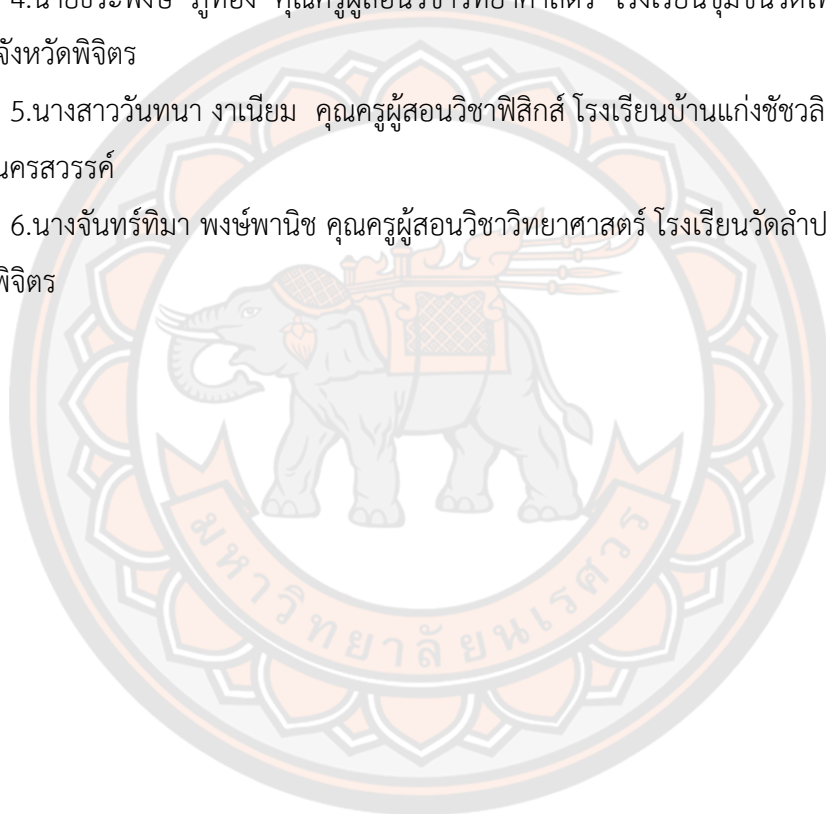
ภาคผนวก



ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1

1. ผศ.ดร. สุรีย์พร สว่างเมฆ อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
2. ดร.ยุคลธร สังข์สอน ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2
- 3.นายดำรงฤทธิ์ คุณสิน คุณครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดวังเรือน จังหวัดพิจิตร
- 4.นายธีระพงษ์ ภูทอง คุณครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนชุมชนวัดโพธิ์ทอง "ปกาสิตวิทยา" จังหวัดพิจิตร
- 5.นางสาววันทนา งามเนียม คุณครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนบ้านแก่งซวลิตวิทยา จังหวัดนครสวรรค์
- 6.นางจันทร์ทิมา พงษ์พานิช คุณครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดลำประดาใต้ จังหวัดพิจิตร



ภาคผนวก ข เครื่องมือในงานวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พลังงานความร้อน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565
 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ 1 เวลา 180 นาที
 ผู้สอนนางสาวอมรรัตน์ ปานเพชร โรงเรียนบางไผ่ราษฎร์สงเคราะห์

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสาร องค์ประกอบของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. ตัวชี้วัด

ว 2.1 ม.1/9 อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้แบบจำลอง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- (1) นักเรียนสามารถอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ (K)
- (2) นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ (K)
- (3) นักเรียนสามารถวาดภาพ 2 มิติการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ (P)
- (4) นักเรียนใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน และมีวินัยในการเรียน (A)

4. สาระสำคัญ

สสารเป็นสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา มีมวล และต้องการที่อยู่พบได้ทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สสารในสถานะที่แตกต่างกันมีสมบัติทั้งที่เหมือนกันและแตกต่างกัน เช่น สสารในสถานะของแข็งมีรูปร่างและปริมาตรคงที่ สสารในสถานะของเหลวมีรูปร่างไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุแต่มีปริมาตรคงที่ ส่วนสสารในสถานะแก๊สมีรูปร่างและปริมาตรไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ

5. สาระการเรียนรู้

สสาร (Matter) หมายถึง สิ่งที่มีตัวตน มีมวลหรือน้ำหนัก ต้องการที่อยู่และสามารถสัมผัสได้ เช่น ดิน หิน น้ำ อากาศ พืช และสัตว์ ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่รอบๆ ตัวเรา จัดเป็นสสารทั้งสิ้น สสารเป็นคำที่มีความหมายครอบคลุมสารทุกชนิด สารแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน แต่สามารถเปลี่ยนแปลง

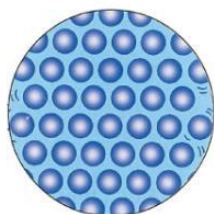
สถานะได้ เช่น เหล็ก สังกะสี เป็นต้น การที่สารมีสมบัติแตกต่างกัน และมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงสถานะได้แตกต่างกันนี้ ถือว่าเป็นลักษณะเฉพาะของสาร แต่ละชนิด

สาร (substance) คือ เนื้อของสสารซึ่งทราบองค์ประกอบที่แน่นอนแล้ว สารจะมีองค์ประกอบที่เป็นอย่างเดียวกัน ทำให้มีสมบัติเฉพาะ ไม่สามารถเปลี่ยนหรือทำให้เป็นสารอื่นได้ สิ่งที่ทำให้สารชนิดหนึ่งแตกต่างจากสารอีกชนิดหนึ่งก็คือ สมบัติของสาร

สถานะของสาร สามารถแบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

1. ของแข็ง

สารที่มีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงตามภาวะ อนุภาคชิดกันเป็นระเบียบ แต่ละอนุภาคจะมีการสั่นและมีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ของแข็งคงรูปร่างอยู่ได้เปรียบเสมือนกับกองเชียร์นักกีฬา ที่ทุกคนนั่งในตำแหน่งที่แน่นอนไม่มีการเคลื่อนที่แต่มีการยกมือโบกไปมา อนุภาคของแข็งมีความหนาแน่นและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงกว่าของเหลวและแก๊ส ในการทำให้ของแข็งเปลี่ยนสถานะจะต้องเพิ่มพลังงานเข้าไป จนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลลดต่ำลง เกิดการหลอมเหลว เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลว ในบางกรณี ของแข็งจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊สโดยไม่ผ่านสถานะของเหลว เรียกว่า การระเหิด เช่น การบुर แนพทาลีน พิมเสน และเกล็ดไอโอดีน เป็นต้น



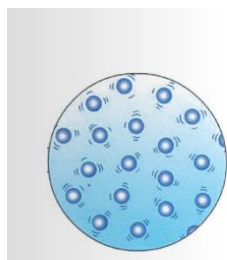
ก. แบบจำลองอนุภาคของแข็ง



ข. กองเชียร์กีฬา

2. ของเหลว

สารที่มีปริมาตรแน่นอน แต่มีรูปร่างไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงตามภาวะที่บรรจุ อนุภาคอยู่ใกล้เคียงกันแต่ไม่เป็นระเบียบ มีการชนกันตลอดเวลา อนุภาคของของเหลวที่มีการสั่นสะเทือนและเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปทั่วของเหลว แต่ละอนุภาคของของเหลวที่อยู่ใกล้กัน จึงมีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน แต่น้อยกว่าของแข็ง ดังนั้นของเหลวจึงมีรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุอยู่ อนุภาคของของเหลวมีความหนาแน่นสูงกว่าแก๊ส ถ้าของเหลวมีการลดอุณหภูมิ เกิดการคายพลังงาน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากขึ้น เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเยือกแข็ง

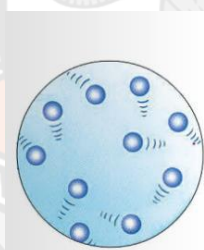


ก. แบบจำลองการจัดเรียง
อนุภาคของของเหลว

ข. การเคลื่อนที่ของฝูงคนที่เกิน
เปลี่ยนกระบวนรถไฟฟ้า

3. แก๊ส

สารที่มีรูปร่างและปริมาตรไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุเพราะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยมาก อนุภาคของแก๊สซึ่งอยู่ห่างกันมากและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย อนุภาคน้อยเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว จึงทำให้แก๊สเกิดการฟุ้งกระจายเต็มภาชนะ และเมื่อเปิดฝาภาชนะ อนุภาคของแก๊สก็ฟุ้งกระจายออกสู่อากาศภายนอกภาชนะ เปรียบเสมือนฝูงนกที่โฉบบินอย่างอิสระ



ก. แบบจำลองการจัดเรียง
อนุภาคของแก๊ส

ข. ฝูงนกนางนวลโฉบบินอย่าง
อิสระ

ตาราง แสดงความแตกต่างของสารในสถานะต่างๆ

ของแข็ง	ของเหลว	แก๊ส
1. ไม่เปลี่ยนรูปร่าง	1. มีรูปร่างตามภาชนะที่ใส่	1. มีรูปร่างกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ
2. อยู่กับที่	2. ไหลได้	2. ฟุ้งกระจายอย่างรวดเร็ว
3. ทะลุผ่านได้ยาก	3. ทะลุผ่านได้	3. ทะลุผ่านได้ง่ายมาก
4. บีบอัดให้เล็กลงไม่ได้	4. บีบอัดให้เล็กลงได้	4. บีบอัดให้เล็กลงได้ง่าย

6. กิจกรรมการเรียนรู้ (ตามขั้นตอน MBI: Model-based Inquiry พร้อมระบุระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้)

1.การกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้ (เวลา 20 นาที)

ครูดำเนินการกำหนดขอบเขตของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ และทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยมีขอบเขตดังนี้

1.1 วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้

- อธิบายการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส(K)
- เปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส(K)
- วาดภาพ 2 มิติการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้(P)
- ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน และมีวินัยในการเรียน(A)

1.2 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ : แบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

1.3 ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยให้นักเรียนดูภาพและออกแบบลักษณะอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆที่มีการจัดเรียงอนุภาคในลักษณะที่แตกต่างกัน พร้อมทั้งวาดภาพอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆ

1.4 แนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองเริ่มต้น (Initial Model) ของตนเอง โดยมีแนวทางในการจัดกิจกรรมดังนี้ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะพร้อมทั้งวิเคราะห์แบบจำลองของตนเองและของเพื่อนในห้อง จากนั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน เพื่อเป็นการประเมินแบบจำลองเริ่มต้น (Initial Model)

1.5 แนวทางการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐาน/ข้อมูล สำหรับการปรับแก้ความรู้ ความเข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลอง (Revise Model) โดยมีแนวทางในการจัดกิจกรรมดังนี้ นักเรียนวาดภาพแบบจำลองเริ่มต้นและสืบค้นข้อมูลและนำมาปรับแบบจำลองตนเองและนำไปประยุกต์ใช้

2.การจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ (เวลา 40 นาที)

2.1 ครูนำภาพแก้วกาแฟมาให้นักเรียนดูแล้วถามคำถามต่อไปนี้



- นักเรียนรู้หรือไม่ว่า จากภาพ มีสถานะของสารอะไรอยู่บ้าง (แนวคำตอบ มี 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็งคือแก้ว ของเหลวคือน้ำกาแฟ/ชา และแก๊สคือไอน้ำ)
- จากภาพสารในสถานะต่างๆมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคเป็นแบบใด (แนวคำตอบ ของแข็ง อนุภาคชิดกันมากที่สุด มีปริมาตรแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้แต่สามารถสั่นได้ ของเหลว อนุภาคชิดกันน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊ส มีปริมาตรแน่นอนสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้เล็กน้อย และแก๊ส อนุภาคห่างกันมากที่สุด จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ปริมาตรไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระมากที่สุด)

2.2 นักเรียนฟังคำชี้แจงของครูว่า วันนี้เราจะทำกิจกรรมเกี่ยวกับอนุภาคของสารในแต่ละสถานะ

2.3 นักเรียนแต่ละคนวาดแบบจำลองลักษณะอนุภาคของสารในสถานะต่างๆที่มีการจัดเรียงอนุภาคในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยการวาดภาพ 2 มิติ ลงในใบงานที่ 1.1 เรื่อง อนุภาคแสนซน 1

2. นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง (ภาพวาด 2 มิติ) ของตนเองหน้าชั้นเรียน

2.3 นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้ได้ประเด็นในการรวบรวมข้อมูลในชั้นการทดสอบแบบจำลอง

3.การทดสอบแบบจำลอง (เวลา 40 นาที)

3.1 นักเรียนแต่ละคนรวบรวมข้อมูลการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่ครูเตรียมไว้ให้ดังนี้

(1) PhEt สถานการณ์จำลองการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

(2) แอปพลิเคชัน AR วิทยาศาสตร์มัธยมต้น ไซ้ประกอบด้วยหนังสือวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

(3) เว็บไซต์ต่างๆ

3.2 นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันในเรื่อง การจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส (ของแข็ง อนุภาคชิดกันมากที่สุด มีปริมาตรแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้แต่สามารถสั่นได้ ของเหลว อนุภาคชิดกันน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊ส มีปริมาตรแน่นอนสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้เล็กน้อย และแก๊ส อนุภาคห่างกันมากที่สุด จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ปริมาตรไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระมากที่สุด)

4. การค้นหาหลักฐาน (เวลา 20 นาที)

4.1 นักเรียนแต่ละคนเปรียบเทียบแบบจำลองอนุภาคของสสารในสถานะต่างๆ ของตนเองกับที่นักเรียนไปรวบรวมข้อมูลจากชั้นที่ 3 ลงในใบกิจกรรมที่ 1.2 ปรับเพื่อเปลี่ยน ในประเด็นดังต่อไปนี้

(1) แบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียนวาดสามารถอธิบายจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ได้หรือไม่

(2) การจัดเรียงของอนุภาคในสถานะต่างๆเป็นแบบใด

(3) แรงยึดเหนี่ยวของสถานะใดมีมากที่สุด

(4) การเคลื่อนที่ของแต่ละสถานะเป็นแบบใด

และในนักเรียนระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขในรูปแบบจำลองของตนเองและระบุหลักฐาน/ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในแหล่งต่างๆที่ได้สืบค้นมาแล้วที่ใช้สำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้น

5. การสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน (เวลา 30 นาที)

5.1 นักเรียนแต่ละคนปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (หลักฐาน/ข้อมูล) มากขึ้นและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดี โดยให้วาดภาพแบบจำลอง เรื่อง อนุภาคของสสารในสถานะต่างๆ ใหม่ ลงในใบกิจกรรมที่ 1.3 อนุภาคแสนชน 2

5.2 นักเรียนตอบคำถาม สสารในสถานะต่างๆมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคเป็นแบบใด (แนวคำตอบ ของแข็ง อนุภาคชิดกันมากที่สุด มีปริมาตรแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้แต่สามารถสั่นได้ ของเหลว อนุภาคชิดกันน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊ส มีปริมาตรแน่นอนสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้เล็กน้อย และแก๊ส อนุภาคห่างกันมากที่สุดจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ปริมาตรไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระมากที่สุด)

6. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง 30 นาที

6.1 นักเรียนใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคของ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

6.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายว่า สสารในสถานะต่างๆมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคดังนี้ ของแข็ง อนุภาคชิดกันมากที่สุด มีปริมาตรแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ ไม่สามารถ

เคลื่อนที่ได้แต่สามารถสั่นได้ ของเหลว อนุภาคชิดกันน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊ส มีปริมาตรแน่นอนสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้เล็กน้อย และแก๊ส อนุภาคห่างกันมากที่สุดจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ปริมาตรไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระมากที่สุด

9. สื่อที่ใช้ประกอบด้วย

- 1.หนังสือวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (สสวท.)
- 2.แอปพลิเคชัน AR วิทยาศาสตร์มัธยม
3. PhEt สถานการณ์จำลอง เหตุผล
4. ใบงาน ที่ 1.1 เรื่อง ออกแบบอนุภาคแสนชน 1
5. ใบกิจกรรมที่ 1.2 ปรับเพื่อเปลี่ยน
6. ใบกิจกรรมที่ 1.3 อนุภาคแสนชน 2
7. ใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคของ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
8. ภาพประกอบการสอน

10. การวัดผลและประเมินผล

จุดประสงค์	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1.นักเรียนสามารถอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ 2.นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้	ใบกิจกรรม	นักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับพอใช้ขึ้นไป
นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้	การประเมินแบบจำลองทางความคิด	นักเรียนผ่านเกณฑ์แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์บางส่วนแต่ไม่ถูกต้องขึ้นไป
นักเรียนใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน และมีวินัยในการเรียน	แบบประเมินพฤติกรรม บ่งชี้คุณลักษณะอันพึงประสงค์	นักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับพอใช้ขึ้นไป

11. กิจกรรมเสนอแนะ

.....ลงชื่อ.....อมรรัตน์ ปานเพชร.....ผู้สอน

(..นางสาวอมรรัตน์ ปานเพชร..)

11. เกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์ประเมินด้าน K

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
นักเรียนสามารถอธิบายเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคได้	นักเรียนสามารถอธิบายเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคได้ อย่างถูกต้องและครบถ้วน(8-10คะแนน)	นักเรียนอธิบายเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคได้ ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่(5-7คะแนน)	นักเรียนอธิบายเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคได้ เพียงส่วนน้อย(ต่ำกว่า 5คะแนน)

*หมายเหตุ นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป

เกณฑ์ประเมินด้าน A

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
นักเรียนใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงานและมีวินัยในการเรียน	มีความตั้งใจเรียน ตั้งใจในการทำงาน และส่งงานตรงเวลาทุกครั้ง	มีความตั้งใจเรียน ตั้งใจในการทำงาน และส่งงานตรงเวลาบางครั้ง	ไม่มีความตั้งใจเรียน ไม่ตั้งใจในการทำงาน และส่งงานไม่ตรงเวลา

*หมายเหตุ นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป

การประเมินแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามแนวคิดของ Chi, and Roscoe (2000 as cited in Ogan-Bekiroglu,2007) ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
2. แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
5. แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อความ ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน
6. ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

12. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

12.1 ปัญหาและอุปสรรค.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

12.2 แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

12.3 ผลการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

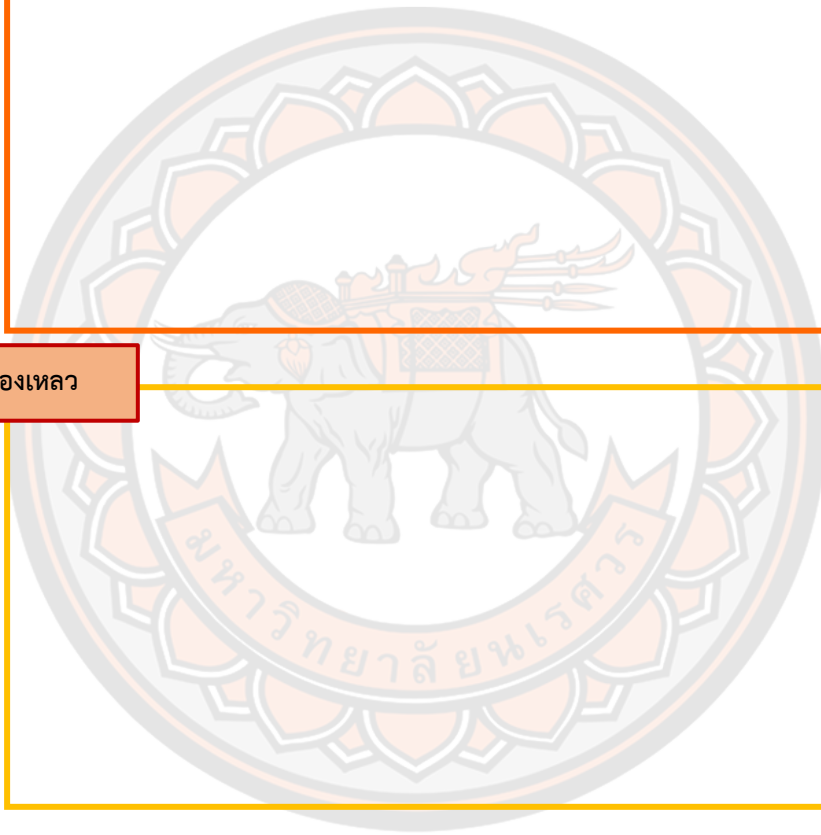
ใบงานที่ ๑.๑ อนุภาคแสนชน ๑

คำชี้แจง จงวาดภาพ 2 มิติ แสดงแบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

ของแข็ง

ของเหลว

แก๊ส



ใบกิจกรรมที่ 1.2 ปรับเพื่อเปลี่ยน

คำชี้แจง ให้นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองจากใบกิจกรรมที่ 2.1 อนุภาคแสนชน
ในประเด็นดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองเริ่มต้นของนักเรียนวาดสามารถอธิบายจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค
และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ได้หรือไม่

.....

.....

.....

2. การจัดเรียงของอนุภาคในสถานะต่างๆเป็นแบบใด

.....

.....

.....

3. แรงยึดเหนี่ยวของสถานะใดมีมากที่สุด

.....

.....

.....

4. การเคลื่อนที่ของแต่ละสถานะเป็นแบบใด

.....

.....

.....

5. นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขในรูปแบบจำลองของตนเอง

.....

.....

.....

6. ระบุหลักฐาน/ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในแหล่งต่างๆใช้สำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้น

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ ๑.๓ อนุภาคแสนชน ๒

คำชี้แจง ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง 2 มิติ แสดงแบบจำลองอนุภาคของสารในแต่ละสถานะพร้อมคำอธิบายจากการระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงและแก้ไขในรูปแบบจำลองของตนเองจากใบงานที่ 2.2 ปรับเพื่อเปลี่ยน

ของแข็ง

ของเหลว

แก๊ส

ใบกิจกรรมที่ 1.4 เรื่อง อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคของ ของแข็ง
ของเหลว แก๊ส

1. นักเรียนสังเกตสสารหน้าชั้นเรียนวาดภาพ เขียนบรรยายลักษณะและการจัดเรียงอนุภาคของสารชนิดดังกล่าว

สสารชนิดที่ 1 คือ.....

สถานะเป็น.....

ลักษณะของสสาร



.....

.....

.....

สสารชนิดที่ 2 คือ.....

มีสถานะเป็น.....

ลักษณะของสสาร



.....

.....

.....

สสารชนิดที่ 3 คือ.....

มีสถานะเป็น.....

ลักษณะของสสาร



.....

.....

.....

น้ำเชื่อม อีฐบลีอก น้ำเปล่า ลมที่บรรจุในลูกโป่ง

จากข้อความข้างต้น ใ้ตอบคำถามในข้อที่ 2-3

2. จงเรียงลำดับอนุภาคของสสารที่เรียงชิดกันจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

.....

3. จงเรียงลำดับแรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลของสสารจากน้อยไปหามาก

.....

4. เติมเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเติมเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่เห็นว่าผิด

..... ของแข็งอนุภาคชิดกันมาก ไม่สามารถบีบอัดได้ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากที่สุด

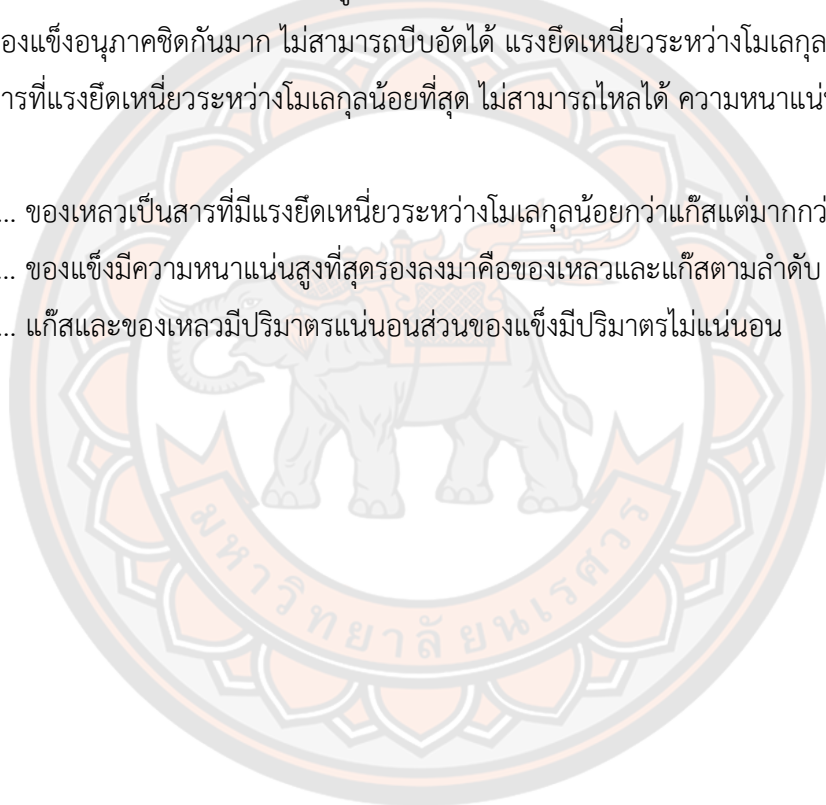
..... สารที่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยที่สุด ไม่สามารถไหลได้ ความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ

แก๊ส

..... ของเหลวเป็นสารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าแก๊สแต่มากกว่าของแข็ง

..... ของแข็งมีความหนาแน่นสูงที่สุดรองลงมาคือของเหลวและแก๊สตามลำดับ

..... แก๊สและของเหลวมีปริมาตรแน่นอนส่วนของแข็งมีปริมาตรไม่แน่นอน



แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รหัสวิชา ว21101 รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พลังงานความร้อน

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง เวลา 180 นาที

วันที่ เวลา.....จำนวนชั่วโมง.....

สถานที่สะท้อนผล

.....

สะท้อนผลโดย

ครูผู้ร่วมสังเกต

ผู้วิจัย

คำชี้แจง ให้ผู้บันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามความเป็นจริงลงในพื้นที่ว่างที่กำหนดให้โดย
ระบุรายละเอียดที่พบในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรม จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา
ความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ขั้นที่ 1 ขั้นจัดเตรียมพารามิเตอร์

เป็นขั้นที่ครูต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์กำหนดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
และเนื้อหาที่ใช้ในการสอนและครูต้องมีการปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหาอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับ
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้แบบจำลองได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการ
เรียนรู้โดยออกแบบแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมิน
แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้หลักฐานสำหรับการปรับแก้ไขความรู้ความ
เข้าใจของตนเองที่จะนำไปปรับแบบจำลองพร้อมกับการเลือกปรากฏการณ์หรือคำถามหรือปัญหา
หรือการทดลองหรือสถานการณ์สำหรับขยายแบบจำลอง

1. จุดเด่น

.....
.....

2. จุดที่ควรปรับปรุง

.....
.....

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....
.....

ขั้นที่ 2 ขั้นการจัดเตรียมสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้

เป็นขั้นที่มีการนำเสนอปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ให้กับนักเรียนได้สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายหรือทำนายต่อปรากฏการณ์หรือคำถาม ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ

1. จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง

เป็นขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมทดสอบแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองโดยผ่านการทดลองหรือการสืบค้นรวบรวมข้อมูลโดยนักเรียนใช้แบบจำลองเริ่มต้นของตนเองมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรม

1. จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 ขั้นการค้นหาหลักฐาน

เป็นขั้นที่นักเรียนประเมินแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ

- 1) สิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมตรงกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้หรือไม่
- 2) แบบจำลองเริ่มต้นสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจกรรมได้หรือไม่

และนักเรียนต้องระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมทดสอบสำหรับการปรับแก้ไขแบบจำลอง

1. จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ขั้นการสร้างการโต้แย้งสำหรับการปรับเปลี่ยน

เป็นขั้นที่นักเรียนต้องมีการอธิบายแนวทางการปรับแก้ไขแบบจำลองจากหลักฐานหรือข้อมูลโดยนักเรียนจะปรับเปลี่ยนแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองอย่างไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ดีขึ้นโดยการปรับแก้ไขแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปรากฏการณ์หรือคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

1. จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 ขั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่ปรับแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้

1. จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

()

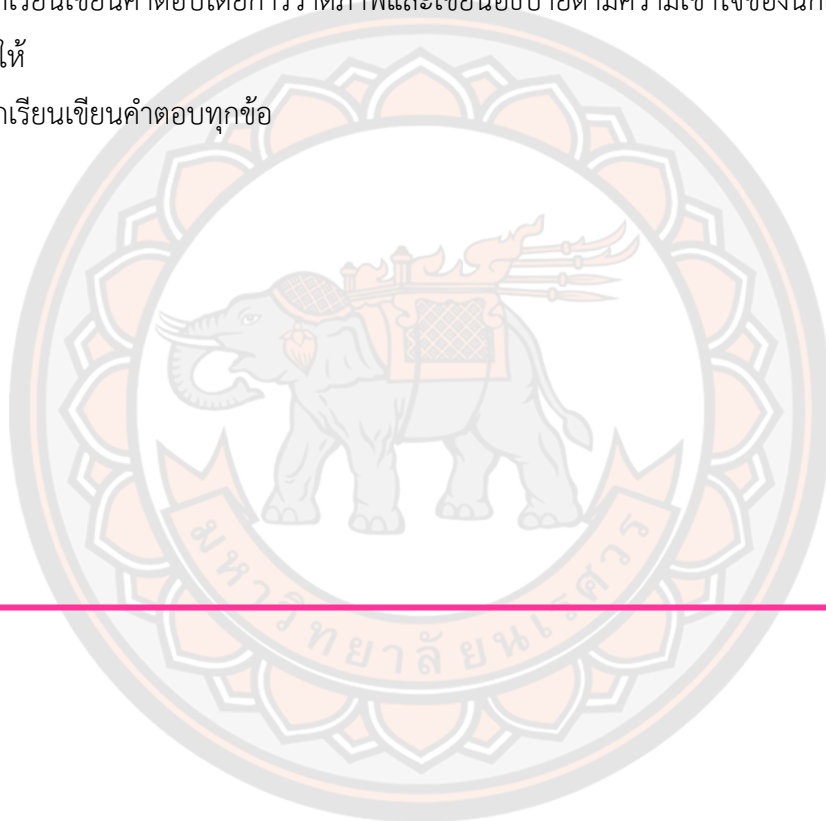
ผู้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด**เรื่องพลังงานความร้อน****ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

ชื่อ/นามสกุล..... เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิดฉบับนี้มีทั้งหมด 6 ข้อ เป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดทั้งหมด
2. ให้นักเรียนเขียนคำตอบโดยการวาดภาพและเขียนอธิบายตามความเข้าใจของนักเรียนลงในที่ว่างที่กำหนดให้
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบทุกข้อ



1. จงอธิบายการจัดเรียงตัวของอนุภาคของแก๊สในโลกโป่งตามงานวัด พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน



คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

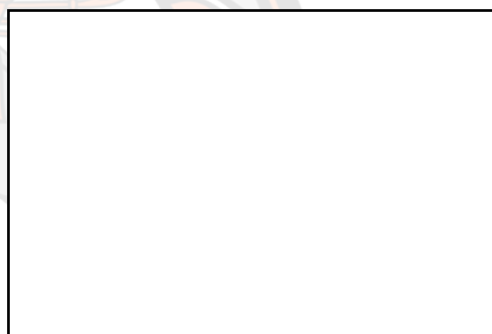
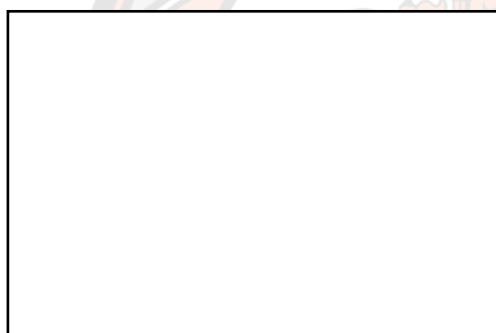
.....

.....

.....

.....

2. เมื่อให้ความร้อนแก่โคลนในงานลอยกระทง โคลนจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรขณะที่มีการให้ความร้อน จงอธิบายพร้อมทั้งวาดภาพประกอบให้ชัดเจน



ลักษณะอากาศในโคลนปกติ

ลักษณะของอากาศในโคลนลอยเมื่อได้รับความร้อน

คำอธิบาย

.....

.....

.....

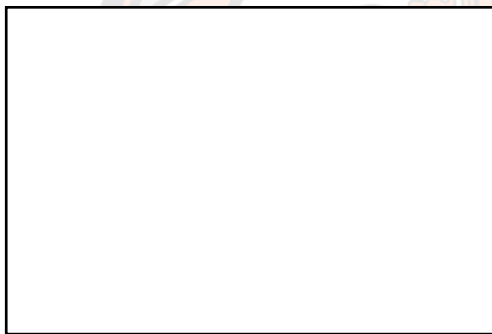
.....

.....

.....

.....

3. เพราะเหตุใดการสร้างรางรถไฟ มักจะเว้นระยะห่างรอยต่อของรางรถไฟ จงอธิบายพร้อมทั้งวาดภาพประกอบให้ชัดเจน



ลักษณะของอนุภาคของรางรถไฟขณะอุณหภูมิต่ำ

ลักษณะของอนุภาคของรางรถไฟเมื่อได้รับความร้อน

คำอธิบาย

.....

.....

.....

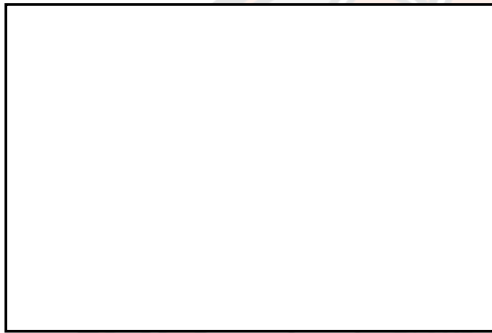
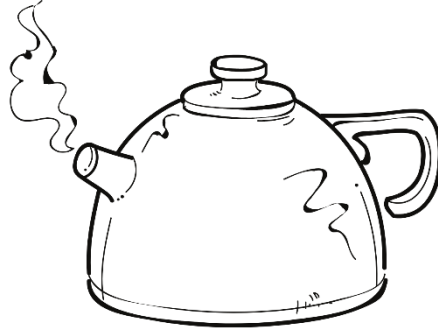
.....

.....

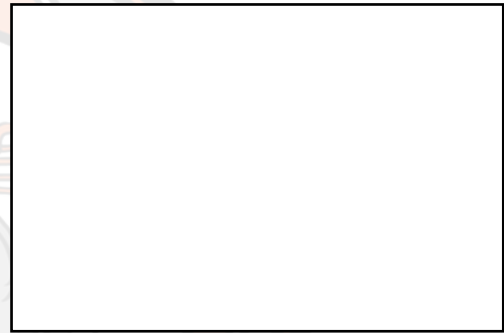
.....

.....

4. ให้นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนสถานะจากการต้มน้ำจนกลายเป็นไอ พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน



ก่อนต้มน้ำ



ขณะเดือด

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำช็อกโกแลตเหลวไปแช่ในตู้เย็น พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน



ช็อกโกแลตในอุณหภูมิปกติ

ช็อกโกแลตในตู้เย็น

คำอธิบาย

.....

.....

.....

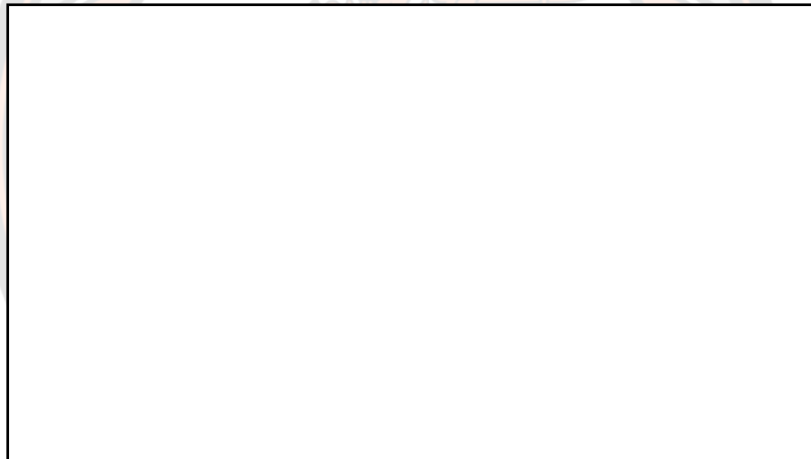
.....

.....

.....

.....

6. จงอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของน้ำจากการต้มน้ำจนเดือด พร้อมกับวาดภาพประกอบ



คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดภาพ พลังงานความร้อน



แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลอง
เป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
เรื่อง พลังงานความร้อน แผนที่ 1 เรื่อง อนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้เป็นแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้ที่ทำการวิจัยจะได้นำผลการประเมินความเหมาะสมไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 รายการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

กำหนดเกณฑ์การวินิจฉัยดังนี้

5	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	ระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

3. กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสำคัญตามความคิดเห็นของท่านที่พิจารณาเห็นว่า เป็นข้อเลือกที่เหมาะสมหากมีข้อความคิดเห็นกรุณาเขียนลงในช่องว่างที่กำหนดให้

ส่วนที่ 1

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องประเมินความคิดเห็นของท่าน

หัวข้อการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ (ความคิดเห็น/ ข้อเสนอแนะ)
	5	4	3	2	1	
สาระสำคัญ						
1. เขียนสาระสำคัญถูกต้องตามประเด็นของเรื่องในภาพรวม						
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้						
จุดประสงค์การเรียนรู้						
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ เจตคติ และทักษะปฏิบัติ						
4. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมสาระการเรียนรู้						
สาระการเรียนรู้						
5. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
6. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ						
กิจกรรมการเรียนรู้						
7. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน						
8. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้						
9. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม						
10. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง						
11. มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้						

หัวข้อการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ (ความคิดเห็น/ ข้อเสนอแนะ)
	5	4	3	2	1	
จริง						
12. นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้						
13. เน้นให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาปรับ ใช้ได้จริง						
สื่อและแหล่งเรียนรู้						
14. สื่อช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการสร้าง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง						
15. สื่อเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้						
16. สื่อเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน						
17. สื่อมีความหลากหลาย						
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
18. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง ทางความคิด						
19. เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผล สอดคล้องกับวิธีการวัด						
20. เกณฑ์การประเมินผลเหมาะสมกับผู้เรียน						

ส่วนที่ 2

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ
การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด
เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ฉบับนี้ทำขึ้นเพื่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนที่นำไปวัดการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. แบบประเมินฉบับนี้เป็นมาตราส่วนแสดงค่า 3 ระดับ โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่าข้อความแต่ละข้อที่สร้างขึ้นท่านเห็นด้วยหรือไม่
 ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้
 ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นสามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้
 ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นไม่สามารถวัดแบบจำลองทางความคิดได้
3. กรณีที่ท่านมีความคิดเห็นอื่นใดนอกเหนือจากนี้ กรุณาเขียนลงในช่องหมายเหตุ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนการพิจารณา

ข้อ	ข้อความ	ความคิดเห็นของ			ข้อเสนอแนะ
		ผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	
1.	จงอธิบายการจัดเรียงของอนุภาคของแก๊สในลูกโป่งตามงานวัด พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน				
2.	เมื่อให้ความร้อนแก่โคมไฟในงานลอยกระทง โคมจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบายพร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน				
3.	เพราะเหตุการสร้างสะพานหรือรางรถไฟ มักจะเว้นระยะห่างรอยต่อของสะพานหรือรางรถไฟ จงอธิบายพร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน				

ข้อ	ข้อความ	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
4.	วัตถุนิตหนึ่งมีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงตามภาชนะ อนุภาคชิดกันเป็นระเบียบ แต่ละอนุภาค จะมีการสั่นและมีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันสูง จากข้อความข้างต้นให้นักเรียนวาดการจัดเรียงของอนุภาค และอธิบายพร้อมเหตุผลประกอบ				
5.	จงอธิบายการถ่ายโอนความร้อนจากการต้มน้ำจนเดือด พร้อมกับวาดภาพประกอบ				
6.	จงอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของกองไฟในกิจกรรมเข้าค่ายลูกเสือ พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน				
7.	จงอธิบายการเปลี่ยนสถานะของน้ำ ซ็อกโกแลตเหลวไปแช่ในตู้เย็น พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน				
8.	ให้นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนสถานะจากการต้มน้ำจนกลายเป็นไอ พร้อมกับวาดภาพประกอบให้ชัดเจน				

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....