การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน

วิทยานิพนธ์

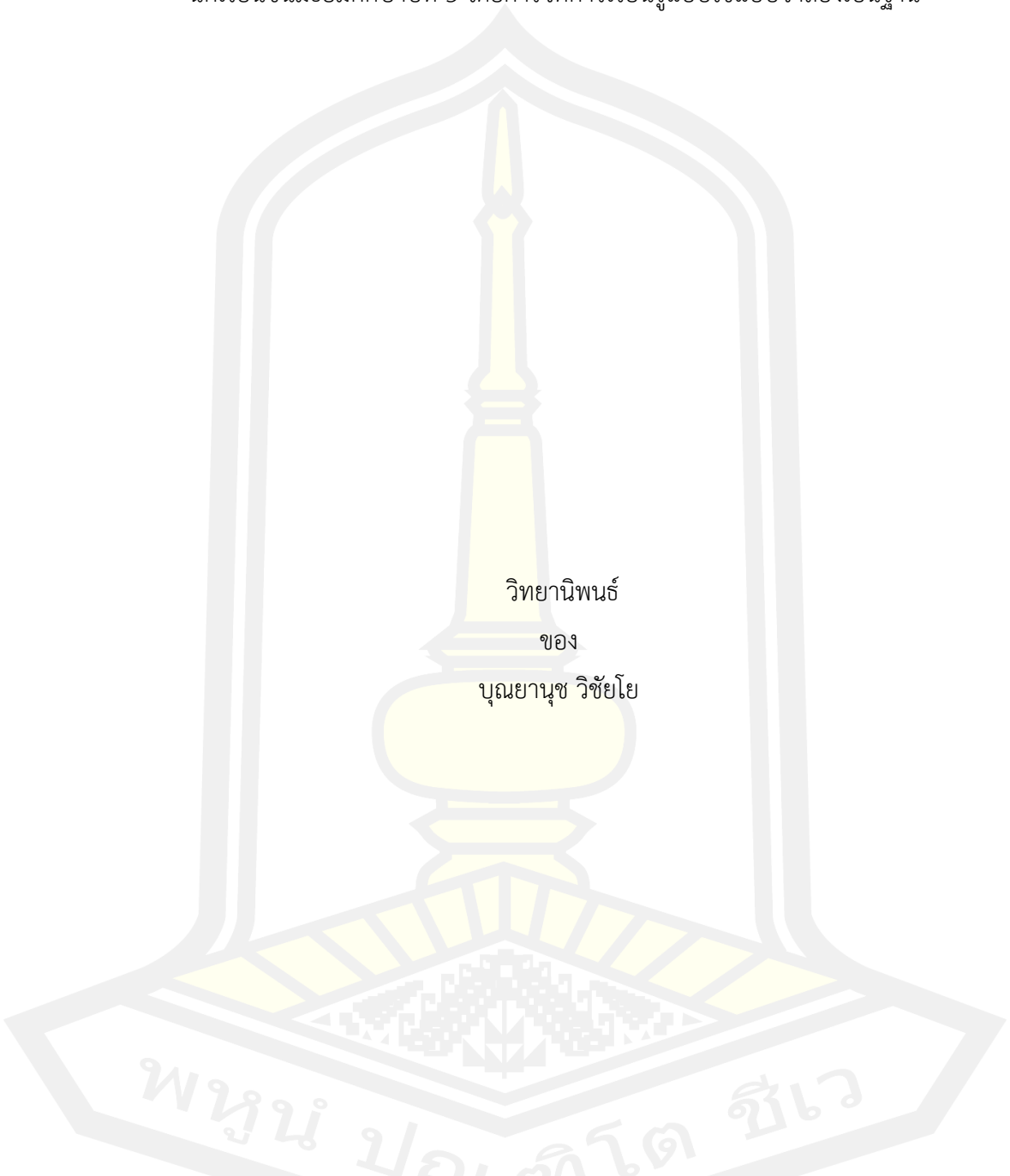
ของ

บุณยานุช วิชัยโย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มกราคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน



วิทยานิพนธ์

ของ

บุณยานุช วิชัยโย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มกราคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Scientific Concepts and Learning Achievement in Chemistry on the Topic of Gas for Mathayomsuksa 5 Students Using Model Based Learning

Boonyanut Wichaiyo

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

January 2023

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวบุณยานุช วิชัยโย แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. พรรณวิไล ดอกไม้)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัย บุณยานุช วิชัยโย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์ 2) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง แก๊ส จำนวน 10 แผนการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และทดสอบสมมุติฐานโดยใช้สถิติ t-test (One sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 86 และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 23.53 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

TITLE The Development of Scientific Concepts and Learning Achievement in Chemistry on the Topic of Gas for Mathayomsuksa 5 Students Using Model Based Learning

AUTHOR Boonyanut Wichaiyo

ADVISORS Assistant Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Teaching of Science and Mathematics

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2023

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to develop scientific concepts understanding by using Model Based Learning for Mathayomsuksa 5 students in order to achieve complete understanding and partial understanding levels 2) to develop the academic achievement of the students with Model Based Learning on gas to pass the criteria of 75 percent. The samples of this study were 30 students of Mathayomsuksa 5 in the 1st semester of 2022 academic year at Khaowongpittayakan school. The research instruments included 1) 10 lesson plans on the topic of gas 2) The 2-Tiers multiple choice scientific concepts understanding test with rationale explanation 3) the achievement test. The research study statistics data analysis consisted of percentage, means, standard deviation and one sample t-test.The results show that students who have been learning by using model-based learning had scientific concepts achieved complete understanding and partial understanding levels at 86 percents. The students' learning achievement score was 23.53 which was higher than the 75 percent criteria statistically significant at .05 level.

Keyword : Model Based Learning, Scientific Concepts, Learning Achievement

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ และข้อปรับปรุงเพื่อให้เกิดการพัฒนาแก้ไขให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำงาน และรู้ถึงคุณค่าของงานที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในอนาคตต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ความรู้คำแนะนำตลอดช่วงเวลาในการศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร คณะครูและนักเรียนโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนช่วยเหลือตลอดมา ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำการวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่คอยอบรมสั่งสอน ชี้นำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดจนมีคุณธรรมจริยธรรม เพื่อนำทางชีวิตให้ไปสู่ความสำเร็จในอนาคต

บุณยานุช วิชัยโย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 1
บทนำ 1
ภูมิหลัง 1
ความมุ่งหมายของการวิจัย 4
ความสำคัญของการวิจัย 5
ขอบเขตของการวิจัย 5
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
บทที่ 2 8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 9
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 16
3. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ 35
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 45
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 62

6.กรอบแนวคิดในการวิจัย 67
บทที่ 3 68
วิธีการดำเนินการวิจัย 68
1.รูปแบบการวิจัย 68
2.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 68
3.เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 69
4. วิธีการสร้างเครื่องมืองานวิจัย 69
5.การเก็บรวบรวมข้อมูล 95
6.การวิเคราะห์ข้อมูล 95
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 97
บทที่ 4 101
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 101
1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอปลการวิเคราะห์ข้อมูล 101
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 101
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 102
บทที่ 5 131
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 131
1. ความมุ่งหมายของวิจัย 131
2. สรุปผล 131
3. อภิปรายผล 132
4. ข้อเสนอแนะ 134
บรรณานุกรม 136
ภาคผนวก 146
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 147

ภาคผนวก ข 149
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน 149
ภาคผนวก ค 182
การประเมินคุณภาพของเครื่องมือ 182
ภาคผนวก ง 193
ผลการตรวจคะแนน 193
ภาคผนวก จ 197
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 197
ภาคผนวก ฉ ภาพกิจกรรม 204
ประวัติผู้เขียน 208

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม วิชาเคมี 15

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 27

ตารางที่ 3 กรอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พร้อมทั้งกำหนดบทบาทของครูผู้สอนและนักเรียน 31

ตารางที่ 4 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design 68

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แก๊ส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน 71

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 83

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 90

ตารางที่ 8 เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส 96

ตารางที่ 9แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของบอยล์ 103

ตารางที่ 10 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของชาร์ล 106

ตารางที่ 11 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก 109

ตารางที่ 12 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎรวมแก๊ส 112

ตารางที่ 13 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของอาโวกาโดร 115

ตารางที่ 14 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎแก๊สอุดมคติ 117

ตารางที่ 15 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎความดันย่อยของดอลตัน 120

ตารางที่ 16 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส 122

ตารางที่ 17 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม 125

ตารางที่ 18 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส 127

ตารางที่ 19 แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนแต่ละกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 129

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 130

ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน 183

ตารางที่ 22 สรุปผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐานของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยแยกตามรายด้าน 185

ตารางที่ 23 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน 186

ตารางที่ 24 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 187

ตารางที่ 25 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส 188

ตารางที่ 26 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน 189

ตารางที่ 27 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 190

ตารางที่ 28 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 30 คน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 194

ตารางที่ 29 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง แก๊ส 196

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของ Justi and Gilbert (2002) 22

ภาพที่ 2 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย 67

ภาพที่ 3 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1) 104

ภาพที่ 4 ตัวอย่างของนักเรียนความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1) 104

ภาพที่ 5 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1) 105

ภาพที่ 6 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2) 107

ภาพที่ 7 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2) 107

ภาพที่ 8 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2) 108

ภาพที่ 9 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3) 110

ภาพที่ 10 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3) 111

ภาพที่ 11 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3) 111

ภาพที่ 12 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4) 113

ภาพที่ 13 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4) 113

ภาพที่ 14 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4) 114

ภาพที่ 15 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5) 115

ภาพที่ 16 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5) 116

ภาพที่ 17 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5) 116

ภาพที่ 18 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6) 118

ภาพที่ 19 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6) 118

ภาพที่ 20 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6) 119

ภาพที่ 21ภาพที่ 21 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7) 120

ภาพที่ 22 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7) 121

ภาพที่ 23 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7) 121

ภาพที่ 24 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 8) 123

ภาพที่ 25 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 8) 124

ภาพที่ 26 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 8) 125

ภาพที่ 27 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 9) 126

ภาพที่ 28 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 9) 126

ภาพที่ 29 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 10) 128

ภาพที่ 30 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 10) 128

ภาพที่ 31 แสดงภาพตัวอย่างการสร้างแบบจำลองตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 179

ภาพที่ 32 แสดงภาพตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส 180

ภาพที่ 33 ตัวอย่างแบบทดสอบ เรื่อง กฎของชาร์ล 181

ภาพที่ 34 การจัดกิจกรรมการเรียนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 207

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูล สามารถตรวจสอบได้ และมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกในปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ล้วนเป็นผลจากความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับศาสตร์อื่น ๆ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น (กระทรวงศึกษาธิการ,2551)

เป้าหมายในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ ให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2552) เน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง นักเรียนก็จะสามารถเชื่อมโยงความรู้ ประสบการณ์เดิมเข้ากับสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่ได้และก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปพัฒนาให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ๆ ได้ (วิมล สำราญวานิช, 2554) และในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงต้องมีการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ โดยจะต้องเน้นการสอนให้ผู้เรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เพราะถ้าหลังจากการเรียนรู้ ผู้เรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์แตกต่างไปจากของนักวิทยาศาสตร์หรือผู้เรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception) จะมีผลต่อการเรียนรู้เรื่องใหม่ ทำให้การแปลความหมายของสารสนเทศใหม่คลาดเคลื่อนหรือทำได้ยาก ทำให้การเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ช้าลง เพราะต้องเสียเวลาไปรื้อฟื้นความรู้เดิมที่มีมาก่อนหรือต้องแก้ไขความเชื่อบางอย่าง ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากในการที่จะไปลบล้างหรือแก้ไข ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ไม่ประสงค์ให้เกิดกับตัวผู้เรียน (มณีกานต์ หินสอ, 2549) และการจัดการเรียนรู้ไม่ใช่การเติมสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็ม แต่เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงความคิดที่มีอยู่แล้วใหม่และนักเรียนเป็นผู้สร้างความหมายจากประสบการณ์ด้วยตนเอง (Bell, 1993) สาเหตุของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกิดจากภายในตัวบุคคลเอง อันเป็นผลมาจากพื้นฐานความเชื่อวุฒิภาวะประสบการณ์ที่ได้รับความรู้เดิมของบุคคล และกระบวนการแปลความหมายหรือสรุปความหมายที่ไม่ถูกต้องกับความเป็นจริง

และเกิดจากสิ่งแวดล้อมรอบตัวบุคคลอันส่งผลต่อตัวบุคคลโดยตรงเช่น ตำราเรียน เอกสาร สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ บุคคลทั่วไปในสังคมสถานการณ์ต่าง ๆ รอบตัวทั้งในและนอกโรงเรียน การติดต่อสื่อสาร และสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรมต่าง ๆ เช่น ภาษา หรือวัฒนธรรมท้องถิ่น (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548)

สภาพการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ผ่านมา พบว่า เนื้อหาเรื่องแก๊สเป็นเนื้อหาหนึ่งที่สำคัญในการเรียนวิชาเคมี ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อน และมีโจทย์ปัญหาที่ต้องใช้หลายทฤษฎีและต้องใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องในหลายเรื่องมาเชื่อมโยงกัน (Gilbert, 2006) หากนักเรียนมีความรู้ด้านเนื้อหาทฤษฎีเพียงอย่างเดียวแต่ไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ก็จะไม่เกิดประโยชน์ใด ๆ ดังนั้นสิ่งที่ทำให้นักเรียนเรียนเนื้อหาแก๊สได้เข้าใจมากยิ่งขึ้นคือการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสได้ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลหลักฐาน วิเคราะห์ สังเคราะห์ แล้วนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายหรือลงข้อสรุปต่าง ๆ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ และการเรียนรู้ในวิชาเคมีนั้นส่วนใหญ่เป็นนามธรรม เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้จะต้องทำความเข้าใจและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับมหภาค (Macroscopic View) ระดับสัญลักษณ์ (Symbolic View) และระดับจุลภาค (Symbolic View) ซึ่งการเรียนรู้ในห้องเรียนระดับมัธยมและในระดับมหาวิทยาลัยทั่วไปมักจะเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ในระดับมหภาคและระดับสัญลักษณ์มากกว่าระดับจุลภาค ส่งผลให้เกิดความท้าทายและยากสำหรับนักเรียนในการจินตนาการเกี่ยวกับโครงสร้างพฤติกรรมและกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาคจนนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์มาสู่ระดับมหภาคได้ (Akaygun, 2016) ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาเรื่องแก๊สมีแนวคิดที่เป็นนามธรรม ต้องอาศัยจินตนาการ รวมทั้งเนื้อหามีความซับซ้อนและต้องอาศัยการเชื่อมโยงกับเนื้อหาอื่น ๆ สัมพันธ์กัน

จากการสังเกตนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และใช้แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส โดยเป็นเครื่องมือวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (จิราภรณ์ กุลพิมล, 2563) พบว่ามีนักเรียนไม่สามารถตอบคำถามและอธิบายหลักการในเรื่องแก๊สได้ โดยมีนักเรียนจำนวน 30 คนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนและไม่เข้าใจมโนมติ ในทุกมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องแก๊ส จากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาส่วนใหญ่นักเรียนจะได้เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ซึ่งทำให้นักเรียนจินตนาการหรือสร้างแบบจำลองได้ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนำไปสู่การมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่มีเลย และข้อมูลจากการรายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศของเด็กไทยประจำปีการศึกษา 2561-2563 พบว่า คะแนนในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 และจากรายงานการพัฒนาคุณภาพการศึกษาประจำปีการศึกษา 2563 ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) ของโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร พบว่า คะแนนในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 โดย

คะแนนสอบ O-NET ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561, 2562 และ 2563 วิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 25.69, 27.32 และ 20.12 ตามลำดับ (ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร, 2563) และจากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร โดยรวมต่ำกว่าเกณฑ์ตามมาตรฐานการศึกษาซึ่งได้กำหนดให้นักเรียนต้องมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาเคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ยังไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ทำให้เห็นว่า นักเรียนขาดความรู้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในอนาคตต่อไป

จากความสำคัญของสภาพปัญหาของการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันที่ต้องการพัฒนาผู้เรียนควรที่จะเน้นกระบวนการเรียนรู้ควบคู่ไปพร้อมกับการได้รับความรู้ ฝึกความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ที่สามารถกระตุ้นความรู้เดิมของผู้เรียนมาใช้ในการเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ อีกทั้งต่อเติมความรู้ให้สมบูรณ์จากความเข้าใจและสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในการเรียนการสอนวิชาเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นและมีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้สร้างแบบจำลองด้วยตนเองและใช้แบบจำลองของตนอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น การสร้างแบบจำลองนั้นจะทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นปรากฏการณ์ได้ชัดและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (นิภาภรณ์ จันทะโยธา,2558) นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์,2556) อีกทั้งวัลลภ ปริญทอง (2563) ได้พัฒนาทักษะการสรางแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่องกรดและเบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรูแบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ระดับดี ซึ่งการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยฝึกสร้างแบบจำลองขึ้นมาด้วยตนเองจากความรู้เดิมที่มีอยู่ แล้วนำแบบจำลองไปใช้และประเมินผล รวมทั้งตรวจสอบแบบจำลองกับหลักฐานเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีบทบาทในการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้ในวิชาเคมีซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น

นามธรรมซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Learning: MBL) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอแบบจำลองเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิดหลักการทฤษฎีหรือกฎหรือหากกล่าวอีกอย่างหนึ่งแบบจำลอง คือ ตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบ ซึ่งแบบจำลองเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง (Gilbert, Boulter and Rutherford, 1998) แบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ Gilbert (2005) นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจและพัฒนา ความเข้าใจมโนมติในเรื่องนั้น ๆได้ (Gabel, 1999) และการใช้การสร้างแบบจำลองในการสอนวิชาเคมี เป็นแนวทางปฏิบัติที่จะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนาความเข้าใจจากแบบจำลองของตัวนักเรียนเอง (Gross lightet al., 1991) นำไปสู่มโนมติที่ถูกต้องอีกด้วย

จากความสำคัญของสภาพปัญหาของการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันที่ต้องการพัฒนาผู้เรียนควรที่จะเน้นกระบวนการเรียนรู้ควบคู่ไปพร้อมกับการได้รับความรู้ ฝึกความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ที่สามารถกระตุ้นความรู้เดิมของผู้เรียนมาใช้ในการเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ อีกทั้งต่อเติมความรู้ให้สมบูรณ์จากความเข้าใจและสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมี แก๊ส นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องแก๊สของนักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์สำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ระดับที่ดีมากขึ้น

2. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 4 ห้อง โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 116 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 30 คน

2. เนื้อหา

เนื้อหาวิชาเคมี ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เล่ม 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แก๊ส 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 15 ชั่วโมง

3. ระยะเวลาทำการวิจัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง แก๊ส ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 10 แผนการเรียนรู้ ทั้งหมด 15 ชั่วโมง

5.2 แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส จำนวน 10 ข้อ

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนที่ 1 ใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 อัตนัยแสดงเหตุผลที่ใช้ในการเลือกคำตอบ

5.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การเรียนรู้แบบแบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายหรือทำนายเรื่องแก๊สและผู้วิจัยได้เลือกใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามกรอบแนวคิดของ Gobert and Buckley (2002) ซึ่งมีลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Model Formation) ขั้นนี้นักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองเป็นของตนเองจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยครูผู้สอนเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ หรือนำเสนอสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำการเรียนการสอน โดยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างจะหมายถึงตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยได้มาจากประสบการณ์หรือความรู้เดิม ในรูปแบบที่ครูผู้สอนเป็นผู้กำหนดให้ ในรูปแบบของภาพวาด สัญลักษณ์และคำอธิบาย

ขั้นที่ 2 การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and Evaluation of the Model) ในขั้นนี้ครูได้มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้ และอธิบายสถานการณ์ที่ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่ศึกษาได้หรือไม่หรือมีความสอดคล้องเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งครูจะมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองของตนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ขั้นที่ 3 การแก้ไขแบบจำลอง (Model Reversion) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการปรับเปลี่ยนแบบจำลองบางส่วนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้น โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้ให้คำแนะนำในการแก้ไขแบบจำลองของนักเรียนและถามคำถามเพื่อชี้ให้เห็นประเด็นสำคัญของสถานการณ์เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Model Elaboration) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะขยายแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างมากขึ้น ครูอภิปรายให้ความรู้เพิ่มเติมและเสนอตัวอย่างเพิ่มเติม และนำแบบจำลองที่ได้ไปอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

2. แบบจำลอง หมายถึง หมายถึง สิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อใช้ในการอธิบายมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส โดยจะแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น คำอธิบาย แผนผัง แผนภาพ เพื่อช่วยให้ตนเองและผู้อื่นเข้าใจมากขึ้น

3. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริงหลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงกับความรู้เดิมแล้วนำมาประมวลสรุปผล สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลหรือเหตุผลที่มากกว่า โดยจะให้มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์ โดยกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

วัดประเมินโดยการใช้แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส จำนวน 10 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบไป ส่วนที่ 1 ใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 อัตนัยแสดงเหตุผลที่ใช้ในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้หรือจากประสบการณ์ที่ได้รับมาซึ่งทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ในด้านของทักษะ ความรู้ ความสามารถและสามารถวัดได้โดยการแสดงออกจากตัวนักเรียนเอง ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และ วิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ แล้วนำมาสรุป เรียบเรียง และนำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)
    - 1.1 เป้าหมายและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    - 1.2 สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    - 1.3 คำอธิบายรายวิชา ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    - 2.1 ความหมายแบบจำลอง
    - 2.2 ประเภทแบบจำลอง
    - 2.3 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    - 2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    - 2.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    - 2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. มโนมติทางวิทยาศาสตร์
    - 3.1 ความหมายของมโนมติ
    - 3.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์
    - 3.3 การจัดกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์
    - 3.4 การวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 4.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย
    - 4.3 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    - 4.4 ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 4.5 การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 4.6 การหาคุณภาพแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กระทรวงศึกษาธิการ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ตระหนักถึงความสำคัญในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อนักเรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้น

1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มี

การทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี

การออกแบบและเทคโนโลยีเรียนรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศการถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทาง

พันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมีฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์

เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง สรุปได้ดังนี้

1. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐานและผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้และทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกัน แล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง เช่น

- เรื่องสารชีวโมเลกุล เดิมเรียนทั้งในสาระชีววิทยา และเคมีได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระชีววิทยา

- เรื่องปิโตรเลียม เดิมเรียนทั้งในสาระเคมีและโลก ดาราศาสตร์และอวกาศได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ

- เรื่องกฎของบอยล์กฎของชาร์ล ไอโซโทปกัมมันตรังสีได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมีและเรื่องพลังงานนิวเคลียร์จัดให้เรียนในสาระฟิสิกส์ เนื่องจากเดิมเนื้อหาเหล่านี้ทับซ้อนกันในสาระเคมีและฟิสิกส์

- เรื่องการทดลองของทอมสัน และการทดลองของมิลลิแกน เดิมเรียนทั้งในสาระเคมีและฟิสิกส์ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมี

3. ลดความซ้ำซ้อนกันระหว่างระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เช่น

- เรื่องระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา ได้ปรับให้สาระการเรียนรู้เนื้อหาและกิจกรรม มีความแตกต่างกันตามความเหมาะสมของระดับผู้เรียน

- เรื่องเทคโนโลยีอวกาศ การเกิดลม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก พายุและมรสุม ได้มีการปรับให้สาระการเรียนรู้เนื้อหา และกิจกรรม เรียนต่อเนื่องกันจากระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไปสู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อไม่ให้ทับซ้อนกัน

4. ลดทอนเนื้อหาที่ยากเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. มีการเพิ่มเนื้อหาด้านต่าง ๆ ที่มีความทันสมัย สอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคตมากขึ้น เช่น เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา เรื่องทักษะและความปลอดภัยในปฏิบัติการเคมีนวัตกรรมและการแก้ปัญหาที่เน้นการบูรณาการในสาระเคมี เรื่องเทคโนโลยีด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม การสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัลที่เหมาะสมกับสังคมและเศรษฐกิจดิจิทัลในปัจจุบัน รวมทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค เพื่อความ

สอดคล้องกับความก้าวหน้าของวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ถึงแม้ว่าสถานศึกษาสามารถจัดให้ผู้เรียนได้เรียนตามความเหมาะสมและตามจุดเน้นของสถานศึกษา แต่ในแนวทางปฏิบัติสถานศึกษาควรจัดให้ผู้เรียนได้เรียนทุกสาระเพื่อให้มีความรู้เพียงพอในการนำไปใช้เพื่อการศึกษาต่อโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาของสาระโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ที่สถานศึกษามักมองข้ามความสำคัญของการเรียนสาระนี้ซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ทั้งฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อมาช่วยในการอธิบายและเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ทั้งการเปลี่ยนแปลงบนผิวโลก การเปลี่ยนแปลงภายในโลก และการเปลี่ยนแปลงทางลมฟ้าอากาศ ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดดังกล่าวล้วนส่งผลซึ่งกันและกัน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตด้วย และที่สำคัญคือ ความรู้ ในสาระนี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อเพื่อประกอบอาชีพในหลาย ๆ ด้าน เช่น อาชีพที่เกี่ยวกับวัสดุศาสตร์การเดินเรือ การบิน การเกษตร การศึกษาประวัติศาสตร์วิศวกร อุตสาหกรรมน้ำมัน เหมือง นักธรณีวิทยา นักอุตุนิยมวิทยา นักดาราศาสตร์นักบินอวกาศ ดังนั้นพื้นฐานความรู้สาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ จะช่วยเปิดโอกาสทางด้านอาชีพที่หลากหลายให้กับผู้เรียน เพราะในอนาคตข้างหน้า นอกจากมนุษย์จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับโลกที่ตัวเองอาศัยอยู่แล้ว ยังต้องพัฒนา ตนเองเพื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่นอกโลกเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

1. ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพโครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2. เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

3. ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์แรงและการเคลื่อนที่และพลังงาน

4. โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลกการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมีการวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

1.3 คำอธิบายรายวิชา ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สโดยใช้กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์–ลูสแซก กฎรวมแก๊ส กฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสมโดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน ศึกษาทฤษฎีจลน์ของแก๊ส การแพร่และคำนวณอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม ศึกษาปรากฏการณ์หรือการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรมโดยใช้สมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมี คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ศึกษาทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของความเข้มข้นพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

ศึกษาความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และสภาวะสมดุล คำนวณค่าคงที่สมดุลและความเข้มข้นของสารที่สมดุลของปฏิกิริยาที่มีขั้นตอนเดียวและหลายขั้นตอน ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลและค่าคงที่สมดุลตามหลักของเลอชาเตอริเอ สมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่ง

ที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สาระเคมี 1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพันธะเคมี และสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม วิชาเคมี

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. 5	1. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตรความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก 2. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส	• พฤติกรรมของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก และกฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ	• ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส อธิบายความสัมพันธ์ได้ด้วยกฎของอาโวกาโดร สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎแก๊สอุดมคติ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณและการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับจำนวนโมลของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	4.คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน	• ในธรรมชาติ แก๊สส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นแก๊สผสมในกรณีที่แก๊สในแก๊สผสมไม่ทำปฏิกิริยากันความดันของแก๊สแต่ละชนิดแปรผันตามเศษส่วนโมลของแก๊ส ที่มีอยู่ในแก๊สผสมตามกฎความดันย่อยของดอลตัน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	5.อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	• แก๊สสามารถแพร่ได้ การแพร่ของแก๊สอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกันแก๊สจะแพร่ได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของแก๊ส อัตราการแพร่ของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของแก๊สสัมพันธ์กับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม
	6.สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม	• สมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ หรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

สรุปได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่าจะมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ พัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 ความหมายแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายคำว่าแบบจำลอง (model) ไว้ดังนี้

Norman (1983) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่า เป็นแบบจำลองของสมอง ซึ่งเป็นตัวแทนของความคิดหรือโครงสร้างทางความคิดที่เฉพาะตัวและอยู่ภายในสมองของมนุษย์

Gilbert (2004) ได้ให้ความหมายของแบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรืออาจกล่าวได้ว่าแบบจำลอง คือ ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่น ๆ ที่เรียกว่า เป้าหมาย ซึ่งได้แก่ ระบบ แนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

Schwartz and Lederman (2005) ได้ให้ความหมายของ แบบจำลองเป็นตัวแทนของระบบทางกายภาพ หรือเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในระบบที่มีความซับซ้อนให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น หรือเป็นตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรม เป็นต้น

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ได้ให้ความหมายของ แบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนปรากฏการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์มีความสนใจเป็นพิเศษ ซึ่งปรากฏการณ์ในที่นี้จะรวมทั้งสิ่งที่เป็นแนวคิด ภาพของจินตนาการ วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือระบบ

ฐิติมา กันชัยภูมิ (2560) ได้ให้ความหมายของ แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนความคิดที่แสดงออกมา เพื่ออธิบาย สื่อสาร หรือแสดง ถึงความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้น ๆ

ทิศนา แขมมณี (2560) ได้ให้ความหมายของ แบบจำลอง หมายถึง รูปธรรมของความคิดที่เป็นนามธรรม ซึ่งบุคคลจะแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น คำอธิบาย แผนผัง แผนภาพ

จากการศึกษาความหมายแบบจำลอง สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อใช้ในการอธิบายสิ่งนั้น ๆ โดยจะแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น คำอธิบาย แผนผัง แผนภาพ เพื่อช่วยให้ตนเองและผู้อื่นเข้าใจมากขึ้น

2.2 ประเภทแบบจำลอง

จากการศึกษารายละเอียดจากเอกสารที่เกี่ยวสามารถจำแนกแบบจำลองได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ดังนี้

Kaplan (1964) ได้กล่าวว่า แบบจำลองที่ใช้กันทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ลักษณะดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (Analogue Model) เป็นการเปรียบเทียบสิ่งต่าง ๆ อย่างน้อย 2 สิ่งขึ้นไป นิยมใช้ในด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ สังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์
2. แบบจำลองเชิงภาษา (Semantic Model) เป็นความคิดที่แสดงออกมาโดยใช้ภาษา เช่น คำพูด การเขียน เป็นต้น
3. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นความคิดที่แสดงออกมาในลักษณะสูตรคณิตศาสตร์
4. แบบจำลองเชิงแผนผัง (Schematic Model) เป็นแบบจำลองที่มีการแสดงออกผ่านทาง แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ เป็นต้น
5. แบบจำลองเชิงสาเหตุ (Causal Model) เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่าง ๆ

Gilbert (2004) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลอง ดังนี้

1. ประเภทแบบจำลองแบ่งตามพื้นฐานของหลักภววิทยา (Ontology) หรือแบ่งตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1.1 แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) คือ แบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่อาจจะสร้างโดยตัวบุคคลที่อาจจะสร้างโดยตัวบุคคลเองหรือสร้างร่วมกันเป็นกลุ่ม

1.2 แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่ถูกนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คำพูด ภาพวาด และท่าทาง เป็นต้น

1.3 แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus Model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับภายในกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองของแต่ละกลุ่มอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทดลองประสบการณ์ และการอภิปรายของแต่ละกลุ่ม

1.4 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Science Model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

1.5 แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical Model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองโครงสร้างอะตอมที่แสดงวิวัฒนาการของการสร้างแบบจำลอง

2. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออกแบ่งได้เป็น 5 ประเภทดังนี้

2.1 แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Model) คือ แบบจำลองวัตถุ 3 มิติเป็นตัวแทนในการอธิบาย เช่น ใช้พลาสติกเป็นตัวแทนของโมเลกุล เป็นต้น

2.2 แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbal Model) คือ แบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการบรรยาย อธิบาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบหรืออุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) คือ แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ

2.4 แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visual or Diagrammatic Model) คือ แบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนผัง แผนภาพ ผังความคิด และรูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.5 แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gestural Model) คือ แบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของนักเรียนรอบเพื่อนๆ เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นต้น

Guttersrud (2007) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

1. แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด (Pictorial Representation) คือ แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจในลักษณะของภาพวาด สัญลักษณ์ แผนผัง หรือรูป

2. แบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง (Experimental Representation) คือ แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการทดลองด้วยการวาดภาพ วัสดุอุปกรณ์ พร้อมทั้งสัญลักษณ์และข้อความ

3. แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิก (Graphical Representation) คือ แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในลักษณะของตาราง แผนภูมิแท่ง และกราฟฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

4. แบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Representation) คือ แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจในลักษณะของสมการ ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรและค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์

5. แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความแนวคิด (Conceptual Representation) คือ แบบที่แสดงความรู้ความเข้าใจในลักษณะการเขียนบรรยายหรือพูดโดยสรุปเป็นมโนทัศน์จากผลการสำรวจตรวจสอบหรือข้อมูลจากการทดลอง

พรรณวิไล ชมชิด (2550) แบ่งแบบจำลองโดยใช้ลักษณะการแสดงออกของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ในการแบ่งได้ 5 แบบ ดังนี้

1. รูปธรรม (Concrete Model) เป็นแบบจำลองที่สร้างจากวัสดุคงทน สร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก เป็นต้น

2. คำพูด (Verbal Model) เป็นคำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของข้อความรู้กับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำอธิบายเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนซ์ กล่าวว่า “พันธะโคเวเลนซ์เกิดจากการที่ธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันในการเกิดพันธะ” เป็นต้น

3. สัญลักษณ์ (Symbolic Model) เช่น สูตรเคมี สมการเคมี เป็นต้น

4. ภาพ (Virtual Model) เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพ จำลองบนคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

5. ลักษณะท่าทาง (Gesture Mode) เป็นการใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น จำลองการบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลโดยนักเรียนแสดงบทบาทเป็นอิเล็กตรอนแล้วบรรจุในช่องออร์บิทัลที่กำหนด เป็นต้น

จากการศึกษาการจำแนกแบบจำลองสามารถสรุปได้ว่า การจำแนกแบบจำลองขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก เช่น จำแนกตามลักษณะการแสดงออกของแบบจำลอง จำแนกตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอน จำแนกตามสถานะเชิงภววิทยา เป็นต้น เนื่องจากแบบจำลองเป็นการแสดงตัวแทนความคิดที่ผู้เรียนแต่ละคนได้สร้างขึ้นภายในตัวบุคคล ครูผู้สอนไม่สามารถเข้าถึงและรับรู้โดยตรง ดังนั้นครูสอนจึงต้องส่งเสริมให้นักเรียนถ่ายทอดออกมาในรูปแบบของแบบจำลองเพื่อสื่อสารแนวคิดออกมาชัดเจนที่สุด ในงานวิจัยนี้จึงให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยการวาดภาพ เขียนคำบรรยายหรือสัญลักษณ์เพื่อเป็นการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

2.3 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Bell (1995) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การใช้แบบจำลองในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจแนวคิด และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

Gilbert,et al. (2000) ให้กล่าวว่า ในกระบวนการสร้างแบบจำลองหลังจากนักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองค้นคว้าให้ข้อสรุปหลักการหรือกฎใหม่ ๆ แล้วนักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาว่าแบบจำลองต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายข้อสรุปหลักการหรือกฎเหล่านั้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์ควรให้นักเรียนได้ฝึกสร้างหรือปรับปรุงแบบจำอองเพื่อให้นักเรียนฝึกปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ ครูควรพยายามกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาแบบจำลองมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ ถ้าอธิบายไม่ได้ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมา ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้เรียกว่าการเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert and Buckley (2002) ได้กล่าวว่าเป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของ ปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่องโดยหลักการในจัดการเรียนรู้นั้นเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce Mental Model) เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาจากนั้นนักเรียนจึงแสดงออกแบบจำลอง (Express Model) ที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ และรูปภาพ เป็นต้น ทำการทดสอบ (Test) และประเมิน (Evaluate) แบบจำลองโดยการนำไปทดลองใช้เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง (Revision) และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้นรวมทั้งขยายแบบจำลอง (Elaboration) เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Clemet, et al. (2007) ได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Learning) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจาก 1) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Conceptual Change) เกิดจากทฤษฎีของ Piajet ที่เกี่ยวกับความคิดหรือการเรียนรู้ของนักเรียนแต่

ละคน (Individual Learning) จากการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ของ Kuhn และจากการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางเลือกของนักเรียน 2) การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ และ 3) จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด การอุปมาอุปมัยและการเปรียบเทียบ

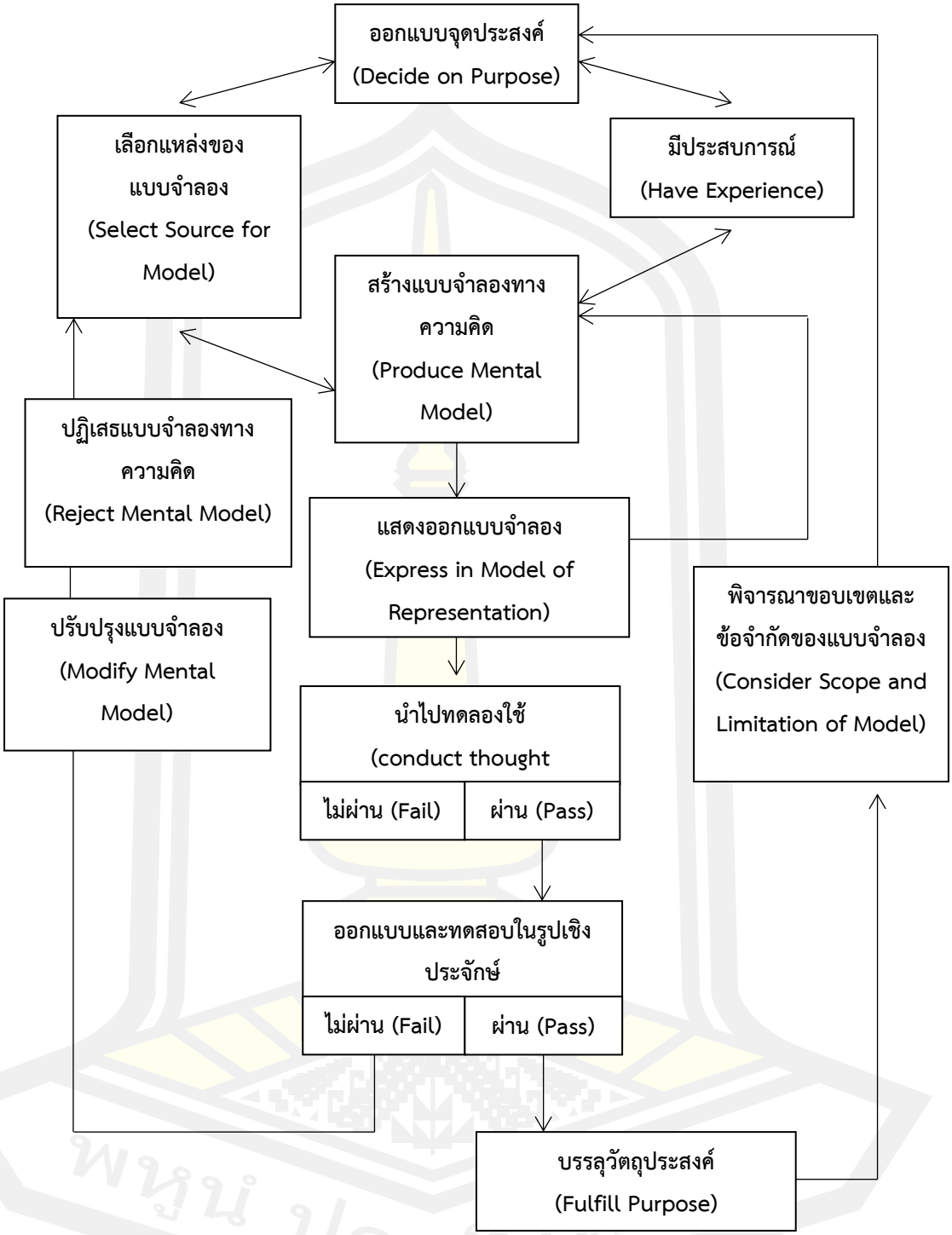
จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ภาษา ภาพวาด สัญลักษณ์เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม และนำแบบจำลองนั้นมาประเมินปรับปรุงแก้ไขให้เพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์นั้นได้ดีขึ้น

2.4 ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาแบบจำลองทางความคิด แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้รวมทั้งการสร้างสมมติฐาน การทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนพัฒนาความเข้าใจและกระบวนการในการสร้างแบบจำลอง การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ให้ได้มาซึ่งแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

ดังนั้น นักการศึกษาและนักวิจัยในกลุ่มวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงได้พยายามพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพแก่ผู้เรียนมากที่สุด ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องรวมทั้งบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีรูปแบบและขั้นตอนแตกต่างกันออกไป

Justi and Gilbert (2002) ได้กำหนดกรอบแนวคิดของแบบจำลองและสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของ Justi and Gilbert (2002)

Gobert and Buckley (2002) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นลำดับ ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Model Formation) เป็นขั้นแรกในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยขั้นนี้ผู้เรียนจะได้สร้างแบบจำลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังสนใจ โดยรวบรวมข้อมูลซึ่งอาจประกอบด้วย โครงสร้าง หน้าที่หรือพฤติกรรม และกลไกที่เกิดขึ้นอย่างเป็นเหตุเป็นผล รวมทั้งการอุปมาอุปไมยหรือเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำให้เข้าใจง่าย

2. การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and Evaluation of the Model) ในขั้นนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พิจารณาแบบจำลองหรืออาจมีการปฏิเสธแบบจำลอง และทำการสร้างใหม่หากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นไม่สามารถใช้ได้หรืออาจมีการขยายแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3. การแก้ไขแบบจำลอง (Model Reversion) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการปรับเปลี่ยนแบบจำลองบางส่วนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้น

4. การขยายแบบจำลอง (Model Elaboration) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะขยายแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นโดยอาจมีการใส่รายละเอียดเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงมาแล้วไปใช้ร่วมกับระบบที่กว้างมากขึ้น

Stewart, Cartier and Passmore (2005) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนได้ดังนี้

1. ขั้นใช้ความรู้เดิมในการระบุปัญหาและสร้างข้อมูล ในการสอนวิทยาศาสตร์มักให้ความสำคัญกับผลลัพธ์มากกว่ากระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นความจริงที่จะต้องใช้ความจำมากกว่าความเข้าใจที่เกิดจากกระบวนการสังเกต จินตนาการ และการให้เหตุผลอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งต้องทำให้นักเรียนเข้าใจว่า ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนไปได้โดยการสังเกตใหม่การทำความเข้าใจในเชิงลึก และการใช้อุปกรณ์เครื่องมือใหม่ โดยใช้กิจกรรมสร้างแบบจำลองเพื่อให้เข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองมากกว่าการเรียนรู้กับแบบจำลองที่มีอยู่

2. ขั้นค้นหาข้อมูล นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลในการประกอบเข้ากับกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง โดยต้องจัดการข้อมูลในรูปแบบที่มีความน่าสนใจเพื่อใช้ในการอธิบาย

3. ขั้นการพัฒนาแบบจำลอง นักเรียนต้องพัฒนาแบบจำลองจากข้อมูลที่ได้ หากแบบจำลองที่แสดงออกมามีความชัดเจนและเป็นที่ประจักษ์ ซึ่งต้องสามารถทดสอบได้ โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนแบบจำลอง

4. ขั้นการใช้แบบจำลองและข้อมูลในการทำนาย แบบจำลองสามารถใช้ในการ

อธิบายได้อย่างเพียงพอ ซึ่งวัตถุประสงค์ของแบบจำลองไม่ได้ใช้ในการทำนาย แต่สามารถใช้เป็นกิจกรรมในการสร้างความสนใจของผู้เรียนได้

5. ขั้นการสร้างมโนมติและปรับแก้แบบจำลอง นักเรียนได้มีโอกาสในการแสดงความคิดทางวิทยาศาสตร์และมีการวิพากษ์วิจารณ์ ซึ่งจะส่งผลถึงการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

Khan (2008) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยวิธีการสอนแบบ GEM ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นดังนี้

1. สร้างสมมติฐาน (Generating Hypotheses) ให้นักเรียนสร้างสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยครูให้ข้อมูลพื้นฐานกับนักเรียนพร้อมระบุตัวแปรหลักเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลและถามนักเรียนถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรกับตัวแปร ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

2. ประเมินสมมติฐาน (Evaluating Hypotheses) ครูให้นักเรียนได้ตรวจสอบข้อมูลใหม่ และนักเรียนร่วมกันประเมินสมมติฐานเริ่มต้น เพื่อให้นักเรียนได้ค้นหาข้อมูลและออกแบบการทดลองใหม่

3. ปรับปรุงสมมติฐาน (Modifying Hypotheses) นักเรียนสรุปสมมติฐานที่ถูกประเมินแล้ว และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อสามารถนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้

Kenyon, et al. (2008) ได้สรุปกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง (Construct a Model) เป็นขั้นที่ครูให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองเพื่อใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตเห็น ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นอาจอยู่ในรูป แผนภาพ หรือการวาดภาพ ซึ่งครูสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาโดยการตั้งคำถามก่อน ระหว่าง และหลังการสร้างแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ครอบคลุม นั่นคือแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ได้ว่าเกิดอะไรขึ้น ทำไมถึงเกิดขึ้น และเกิดขึ้นได้อย่างไร

2. ขั้นทดสอบแบบจำลอง (Test the Model) ผู้เรียนจะได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นมาเพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองมีความถูกต้องและสามารถทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้หรือไม่อย่างไร โดยในขั้นนี้ครูจะมีบทบาทในการอธิบายและแนะนำให้ผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นจะต้องมีข้อมูลหรือหลักฐานมาสนับสนุนแนวคิดของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น หลักฐานอาจจะมาจากการที่ผู้เรียนได้ทำการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังสนใจเป็นต้น

3. ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the Model) หลังจากที่ผู้เรียนได้หาหลักฐานมาสนับสนุนแบบจำลองแล้ว ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ย้อนกลับไปพิจารณาและประเมินแบบจำลองเริ่มต้นที่

ตนเองได้สร้างขึ้น โดยครูและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายเงื่อนไขที่จะใช้ในการประเมินแบบจำลอง โดยส่วนใหญ่สองประเด็นสำคัญที่จะต้องพิจารณาได้แก่ ความชัดเจนและความถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ควรพิจารณาเช่น หลักฐานที่ได้จากการทดลองหรือการสืบเสาะ ความสอดคล้องของแบบจำลองกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสมบัติที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น และการแสดงตัวแทนเพื่อให้แบบจำลองมีความชัดเจน ตัวอย่างเช่น การใช้ลูกศร การเขียนระบุส่วนที่สำคัญ เป็นต้น ซึ่งการสร้างเงื่อนไขเหล่านี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้พิจารณาเพื่อปรับปรุงแบบจำลองในขั้นต่อไปได้ง่าย

4. ขั้นทดสอบแบบจำลองเทียบกับแนวคิดอื่น (Test the Model Against other Ideas) ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ประเมินแบบจำลองของตนเองอีกครั้ง จากนั้นตรวจสอบแบบจำลองของตนโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์หรือสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เพื่อให้ผู้เรียนได้ตอบคำถามที่ครูกำหนดไว้ เช่น เกิดอะไรขึ้นกับปรากฏการณ์นั้น ทำไมจึงเกิดขึ้น และเกิดขึ้นได้อย่างไร เป็นต้น

5. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Revise the Model) ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ย้อนกลับไปพิจารณาและประเมินแบบจำลองอีกครั้ง แล้วนำข้อมูลใหม่ที่ผ่านการเรียนรู้จากสถานการณ์จำลองมาปรับปรุงแบบจำลอง และนำแบบจำลองของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกันเพื่อสร้างแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus Model) ในชั้นเรียน โดยในกระบวนการสร้างแบบจำลองมติของกลุ่มเป็นการส่งเสริมการเข้าร่วมทางสังคม ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันและฝึกการปรับปรุงแบบจำลองร่วมกัน

6. ขั้นใช้แบบจำลองในการทำนายหรืออธิบาย (Use a Model to Predict or Explain) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองมติของกลุ่มมาอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้แบบจำลองด้วยคำถาม หรือการใช้เครื่องมืออื่น ๆ เข้ามาช่วย เช่น ใบงานที่ประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น ๆ หรือการให้ผู้เรียนได้อภิปรายกันภายในกลุ่มเล็ก ๆ

Gilbert and Justi (2016) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ดังนี้

1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง (Creation of the Model) เป็นขั้นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลความรู้จากประสบการณ์ที่เคยให้รับโดยการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น

2. ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง (Expression of the Model) นักเรียนสื่อแบบจำลองของตนเองโดยการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งผู้เรียนสื่อแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดภาพและเขียนอธิบาย(Verbal Model) การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (concrete model) เป็นต้น เพื่อสื่อสารให้คนอื่น ๆได้ให้เข้าใจในแบบจำลองความคิดของตนเอง

3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง (Test of the Model) ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ เมื่อทดสอบแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองนั้นไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ นำกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ หรือปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีขึ้น จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน (Class-Consensus Models) เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

4. ขั้นการประเมินแบบจำลอง (Evaluation of the Model) ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน หรือแตกต่างกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและปรากฏการณ์นั้นๆ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนทราบถึงขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถประเมินและสรุปแนวคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันได้

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert and Buckley (2002)	Stewart, Cartier & Passmore (2005)	Khan (2008)	Kenyon et al. (2008)	Gilbert and Justi (2016)
มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1. การสร้างแบบจำลอง สร้างแบบจำลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ 2. การใช้และประเมินแบบจำลอง พิจารณาแบบจำลองและทำการสร้างใหม่หากไม่ถูกต้อง 3. การแก้ไขแบบจำลอง ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้อธิบายปรากฏการณ์ได้ชัดเจน 4. การขยายแบบจำลอง นำแบบจำลองไปใช้กับปรากฏการณ์อื่นๆ	มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ขั้นใช้ความรู้เดิมในการระบุ ปัญหาและสร้างข้อมูล 2. ขั้นค้นหาข้อมูล นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลเข้ากับกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง 3. ขั้นการพัฒนาแบบจำลอง นักเรียนต้องพัฒนาแบบจำลองจากข้อมูลที่ให้ได้เพื่อสื่อออกมามีความชัดเจน 4. ขั้นการใช้แบบจำลองและข้อมูลในการทำนาย แบบจำลองการอธิบายได้เพียงพอ 5. ขั้นการสร้างมโนมติและปรับแก้แบบจำลองสร้างแบบจำลองและปรับปรุงแก้ไขจากการทำกิจกรรม	มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1. สร้างสมมติฐาน นักเรียนสร้างสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร 2. ประเมินสมมติฐาน นักเรียนตรวจสอบข้อมูลใหม่ และร่วมกันประเมินสมมติฐานเริ่มต้น 3. ปรับปรุงสมมติฐาน นักเรียนสรุปสมมติฐานที่ถูกประเมินแล้ว และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อสามารถนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้	มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ขั้นการสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของตนเอง 2. ขั้นทดสอบแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองมีความถูกต้องและสามารถทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ 3. ขั้นประเมินแบบจำลอง ย้อนกลับไปพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้น 4. ขั้นทดสอบแบบจำลองเทียบกับแนวคิดอื่น 5. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง 6. ขั้นใช้แบบจำลองในการทำนายหรืออธิบาย	มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง กระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่ได้รับเพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้น 2) ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง สื่อแบบจำลองออกมาในรูปแบบต่าง ๆ 3) ขั้นการทดสอบแบบจำลอง นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา 4) ขั้นการประเมินแบบจำลอง ประเมินแบบจำลองและทำการปรับปรุงแก้ไข

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมักมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งเริ่มจากการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์และนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้และพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้นหากยังไม่สมบูรณ์เข้าสู่การปรับปรุงแก้ไขเพื่อสามารถอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ถูกต้องมากขึ้นแล้วถึงนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้กับปรากฏการณ์อื่น ๆ

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักวิจัยทางด้านการศึกษาหลายท่าน โดยแสดงดังตารางที่ 2 และผู้วิจัยได้เลือกใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามกรอบแนวคิดของ Gobert and Buckley (2002) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนนักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นแรกนักเรียนเกิดความสนใจในสถานการณ์ที่ศึกษาและใช้ความรู้เดิมในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งผู้สอนสามารถประเมินความรู้เดิมของนักเรียน ขั้นการใช้และประเมินแบบจำลอง นักเรียนทำกิจกรรมและใช้แบบจำลองที่ตนเองได้สร้างขึ้นและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หรือไม่ หากไม่สามารถอธิบายได้สามารถทำการแก้ไขเพื่อสามารถอธิบายได้ดียิ่งขึ้น นักเรียนจะได้แบบจำลองที่ถูกต้องและนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้ โดยรายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Gobert and Buckley (2002) มีรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Model Formation) ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้สร้างแบบจำลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังสนใจ

2. การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and Evaluation of the Model) ในขั้นนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พิจารณาแบบจำลองหรืออาจมีการปฏิเสธแบบจำลอง และทำการสร้างใหม่หากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นไม่สามารถใช้ได้หรืออาจมีการขยายแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3. การแก้ไขแบบจำลอง (Model Reversion) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการปรับเปลี่ยนแบบจำลองบางส่วนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้น

4. การขยายแบบจำลอง (Model Elaboration) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะขยายแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นโดยอาจมีการใส่รายละเอียดเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงมาแล้วไปใช้ร่วมกับระบบที่กว้างมากขึ้น

2.5 บทบาทครูผู้สอนและนักเรียน

Gobert and Buckey (2002) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ตามลำดับ ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบาย

3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้นๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept Mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Anaiogous System) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง (Revsion) และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง (Elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

พรรณวิไล ชมชิด (2552) กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ และเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสอนให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลองและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองนั้น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง ครูมีบทบาทสำคัญในฐานะผู้อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ดังนี้

1. สร้างบรรยากาศให้เกิดการคิด เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละบุคคล และการแลกเปลี่ยนความคิดเพื่อให้เกิดแบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม

2. แนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองต่าง ๆ (Modeling Skill) เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่หลากหลาย และเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุด รวมทั้งชี้แนะให้นักเรียนได้นำเสนออภิปราย เปรียบเทียบ และวิพากษ์แบบจำลองนั้น ๆ

3. ชี้แนะให้นักเรียนได้เห็นถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่ามีข้อจำกัด เนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริง และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นครูต้องให้นักเรียนหาข้อสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองนั้น ๆ ไม่สามารถอธิบายได้

ชาตรี ฝ่ายคำตาและภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้เสนอบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและสร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดของตนเองออกมาและให้นักเรียนสื่อสารความเข้าใจของตนเองออกมาด้วยการวาดภาพหรือการพูด

2. สร้างแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนโดยใช้การสัมภาษณ์สั้นๆใช้คำถามหรือการสาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิดโดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์ของแนวคิดหรือการวาดรูปเพื่อแสดงการเปรียบเทียบหรืออุปมาอุปมัย

4. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5. ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการเรียนรู้ การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นและสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลายๆรูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูป การอธิบายหรือแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

6.ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู แสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อนร่วมชั้นได้เข้าใจและมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ รวมถึงใช้วิธีการอ่าน เขียน อภิปรายและโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติและความเชื่อของนักเรียน

7. ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไรเพื่อให้นักเรียนอธิบายคำตอบทั้งที่ถูกผิด พร้อมทั้งถามต่อไปว่าทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองแนวคิดรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและคำตอบด้วยภาษาของเขาเอง

8. กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวของเขาเอง สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนเชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน

9. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง ดังตัวอย่างคำถาม เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนจึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้มีประโยชน์ต่อการสอนให้ผู้อื่นที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนเข้าใจเกี่ยวกับ.....หรือไม่ นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรที่ต้องเพิ่มเติมในแบบจำลองนี้เพื่อทำให้แบบจำลองสามารถช่วยให้คนอื่นที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนเข้าใจมากขึ้น นอกจากนี้อาจจะให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้เพิ่มเติม เช่น ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมเกี่ยวกับ.....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย.....ได้หรือไม่มี.....ตอนนี้แบบจำลองของฉันช่วยอธิบายเกี่ยวกับ.....แบบจำลองของฉันมีประโยชน์ต่อผู้อื่นเพราะมันมี.....ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันตามที่เพื่อนร่วมชั้นได้ให้ข้อเสนอดังต่อไปนี้.....ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของ..... เป็นต้น

จากการศึกษาบทบาทครูผู้สอนและนักเรียนจึงสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้กำหนดบทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กรอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พร้อมทั้งกำหนดบทบาทของครูผู้สอนและนักเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นนฐาน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1.การสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่กำลังสนใจ โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างและสื่อออกมาในรูปแบบต่าง เช่น การอธิบาย ภาพวาด หรือสัญลักษณ์เพื่ออธิบายหู้อื่นได้เข้าใจ	1. ครูกำหนดสถานการณ์ หรือนำเสนอสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนในรูปแบบต่าง เช่น ภาพ วิดีโอ หรือสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อกระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อหรือประเด็นที่จะทำการเรียนรู้ 2. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและสงสัยเกี่ยวกับสิ่งที่ครูเสนอ 3. ครูสุ่มนักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่สร้างจากความรู้หรือประสบการณ์เดิม	1. นักเรียนเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มเรียนให้เรียบร้อย 2. นักเรียนคิด วิเคราะห์ ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ และตอบคำถามกบครูผู้สอน 3. นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิม ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การอธิบาย ภาพวาด หรือสัญลักษณ์ 4. นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง
2. การใช้และประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นที่ทำกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้และพิจารณาแบบจำลองว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่และทำการสร้างใหม่หากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นไม่สามารถใช้ได้หรือแก้ไขแบบจำลองเพื่อความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น	1. ครูจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น 2. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้นอย่างมีเหตุผล 3. ครูให้คำแนะนำกับนักเรียนในการประเมินแบบจำลอง	1. นักเรียนให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2. นักเรียนคิด พิจารณา วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจัดกิจกรรมและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายสถานการณ์ได้สมบูรณ์หรือไม่

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3. การแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่ทำการปรับเปลี่ยนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองบางส่วนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้น	1. ครูให้คำแนะนำการแก้ไขแบบจำลองของนักเรียน 2. ครูใช้คำถามในการชี้ให้เห็นประเด็นสำคัญของสถานการณ์เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขแบบจำลอง 3. ครูสุ่มนักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว	1. นักเรียนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองบางส่วนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้น 2. นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง
4. การขยายแบบจำลอง เป็นขั้นที่จะขยายแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นโดยอาจมีการใส่รายละเอียดเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงมาแล้วไปใช้ร่วมกับระบบที่กว้างมากขึ้น	1. ครูอภิปรายและให้ความรู้เพิ่มเติม 2. เสนอตัวอย่างเพิ่มเติมโดยนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการอธิบาย	1. นักเรียนร่วมอภิปรายความรู้กับครูและเพื่อนในห้อง 2. นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขในการอธิบายตัวอย่าง

จากบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองและสร้างแบบจำลองเป็นของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ภาษา ภาพวาด สัญลักษณ์เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนำไปสู่การมีความความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของตนเองออกมาโดยการสร้างสถานการณ์หรือคำถามกระตุ้น

2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใชแบบจำลองเป็นฐานดังต่อไปนี้

Windschitiet, et al (2008) ได้กล่าวว่า ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติไว้ดังนี้

1. สามารถพัฒนาและสร้างคำอธิบายได้ทุกประเด็น
2. ทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายที่จะทดสอบและแก้ไขปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
3. ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับบริบท
4. ทำให้นักเรียนมีการอ้างถึงประจักษ์พยานในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
5. ทำให้นักเรียนใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ
6. ทำให้นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างมีเหตุและผลบนพื้นฐานกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต
7. ทำให้นักเรียนใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผลตลอดจนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ทุกแง่มุม

Lee, et al (2013) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

1. สามารถทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จและมีความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์
2. สามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและได้แนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
3. มีญาณวิทยา (Epistemological) หรือทฤษฎีความรู้ (Theory of Knowledge)
4. นักเรียนจะเกิดแนวคิดที่ขัดแย้งกันภายในกลุ่มทำให้เกิดการอภิปรายร่วมกันด้วยเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์
5. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาแนวคิดที่ขัดแย้งโดยการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีดังนี้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558 และ Gilbert and Ireton, 2003)

1. มีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย (target) ซึ่งเป้าหมายเน้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎี หรือกฎ

2. สามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

3. สามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

4. อาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง แบบจำลองอะตอม

5. อาจแสดงเพียงบางส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง ภาพวาดแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

6. อาจเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เช่น แบบจำลองวาฬ แบบจำลองไวรัส

7. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดงเส้นการไหลของพลังงาน การแสดงเวกเตอร์ของแรง

8. สามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียว เช่น การแสดงแรงผลักต่อโต๊ะเรียน

9. สามารถแสดงระบบหรือลำดับของสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมของคาร์บอนในเพชร

10. สามารถแสดงเหตุการณ์ การเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน

11. สามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองของเครื่องเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

12. ถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์ แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา

13. ต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย

14. มีความไม่สมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่มีความสมบูรณ์ที่สุด

พรรณวิไล ชมชิด (2557) ได้ให้แนวคิดถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. ครูวิทยาศาสตร์ไม่ค่อยนิยมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพราะใช้เวลามากในการเตรียมอุปกรณ์และเนื้อหา

2. ค่าใช้จ่ายหรืองบประมาณในการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์มีไม่เพียงพอ

3. ใช้เวลานานในการศึกษาทดลองหรือสร้างแบบจำลองซึ่งทำให้กินเวลาวิชาอื่น

4. แบบจำลองไม่ใช้ของจริงจึงไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาได้

ทั้งหมด

5. เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์บางเรื่องไม่เหมาะสมที่จะสอนแบบจำลอง

จากการศึกษาข้อดีและข้อกำจัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งนักเรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาผ่านกระบวนการตรวจสอบ ประเมินผลจนได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้และสามารถประยุกต์ใช้กับปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่คล้ายกันได้ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างอธิบายในปรากฏการณ์นั้น ๆ เท่านั้น ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในวงกว้างได้และต้องตีความหมายของแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจ

3. มโนมติทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของมโนมติ

คำว่า “มโนมติ” มาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “Concept” บางคนใช้คำว่า ความคิดรวบยอดมโนทัศน์ มโนภาพ คอนเซป ซึ่งเป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน (สุนทร พรจำเริญ, 2543)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยได้มีผู้ให้ความหมายของศัพท์มโนมติไว้หลายท่านดังนี้

Romey (1968) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า มโนมติเป็นข้อสรุปสำคัญของกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของปัจจัยต่าง ๆ จากกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงจำนวนมากกว่า

Goodwin and Klausmeier (1975) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ดังนี้ มโนมติจะบอกให้เราทราบถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุเหตุการณ์หรือกระบวนการ ซึ่งทำให้เราแยกสิ่งต่าง ๆ นั้นออกจากสิ่งอื่น ๆ ได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถเชื่อมโยงเข้ากับกลุ่มสิ่งของประเภทเดียวกันได้

เบญจพร อินทรสด (2553) ได้ให้ความหมายมโนมติไว้ว่า มโนมติเป็นเรื่องของแต่ละบุคคลการที่บุคคลหนึ่งบุคคลใดสังเกตวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะทำให้เกิดการรับรู้บุคคลนั้นจึงนำการรับรู้นี้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา จะทำให้เกิดมโนมติซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นและทำให้เขามีความรู้ขึ้น

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2553) กล่าวว่ามโนมติคือ เป็นความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับกับสิ่งนั้น เรื่องนั้นหรือเกิดจากการสังเกต แล้วใช้คุณสมบัติหรือลักษณะที่มีความคล้ายคลึงกันจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน

จากการศึกษาความหมายของมโนมติสามารถสรุปได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความเข้าใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งเกิดจากการใช้ความรู้เดิม ประสบการณ์เดิมสัมพันธ์กับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น แล้วนำมาประมวลผลเป็นข้อสรุปได้

3.1.1 การสร้างมโนมติ

การสร้างมโนมติของแต่ละคนในมโนมติหนึ่งๆ จะต้องประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ หลายขั้นตอนที่ใช้ในการสร้างมโนมติ เรียกว่า กระบวนการสร้างมโนมติ ซึ่งได้มีผู้เสนอความคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนมติต่าง ๆ ไว้ดังนี้

ทวีป บรรจงเปลี่ยน (2540) กล่าวว่า การสร้างมโนมติมีลำดับขั้นในการสร้าง คือ วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้า สร้างหลักฐานเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งเร้า ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์หนึ่ง เลือกสมมติฐานที่ครอบคลุมสิ่งเร้าที่มีลักษณะบางประการเหมือนกัน นำลักษณะของสิ่งเร้าที่คิดได้จากสมมติฐานสัมพันธ์กับโครงสร้างความคิดที่มีอยู่เดิมของตน แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนมติที่ได้ใหม่กับมโนมติที่มีอยู่เดิมเพื่อหาความสัมพันธ์ สรุปความหมายของมโนมติที่รับมาให้ครอบคลุมไปยังสมาชิกทุก ๆ หน่วยในกลุ่ม คิดหาสัญลักษณ์ทางภาษาที่เหมาะสมมาใช้เป็นตัวแทนของมโนมติที่รับมาใหม่

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และ สุลัดดา ลอยฟ้า (2545) ได้อธิบายทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างมโนมติไว้ว่า โครงสร้างทางสติปัญญาของมนุษย์ประกอบด้วย 4 อย่างคือ

1) โครงสร้าง (Schema)

2) กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง (Assimilation)

3) กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation)

4) สภาวะสมดุล (Equilibrium)

ในโครงสร้างทางสติปัญญาทั้ง 4 อย่างนี้ โครงสร้างที่มีความสำคัญมากต่อการสร้างมโนมติ คือ กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง และกระบวนปรับขยายโครงสร้าง ซึ่งกระบวนปรับขยายโครงสร้างประกอบด้วยความสามารถในการจำแนก (Discrimination) และความสามารถในการสรุปครอบคลุม (Generalization) เช่น เด็กสามารถแยกสัตว์สี่เท้าออกจากพวกนก และเด็กสามารถจัดสัตว์ที่พบเห็นเข้าเป็นพวกนก สัตว์สี่เท้า และสัตว์เลื้อยคลานได้ โดยใช้ความสามารถในการสรุปครอบคลุมลักษณะของสัตว์ เช่น นก ไก่ เป็ด รวมเข้าเป็นสัตวปีกได้ ความสามารถในการจำแนกและการสรุปครอบคลุม ช่วยส่งเสริมกระบวนการปรับเข้าโครงสร้างให้มีคุณภาพในระดับที่สูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อบุคคลจัดประเภทของวัตถุ หรือสิ่งมีชีวิตได้แล้ว เมื่อไปพบวัตถุใหม่แล้วสามารถจัดเข้าประเภทเดียวกันได้ บุคคลนั้นก็ใช้กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างจัดเข้าประเภท ส่วนกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง หมายถึง เมื่อบุคลลพบสิ่งใหม่ที่ไม่สามารถจัดเข้าโครงสร้างเดิมได้ ก็ต้องจัดประเภทใหม่หรือปรับโครงสร้างใหม่ บุคคลที่มีความสามารถปรับโครงสร้างใหม่ได้ เป็นบุคคลที่มีความสามารถสร้างมโนมติใหม่ ๆ ได้

ณราภรณ์ บุญกิจ (2553) ได้เสนอมโนมติเกี่ยวกับการเรียนรู้มโนมติไว้ว่า การที่บุคคลจะเกิดมโนมติเรื่องหนึ่งก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นต้องเคยมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ความจริง (Fact) หลักการ

(priniciple) และการลงข้อสรุป (Generalization) ของเรื่องนั้น ๆ มาก่อนและอีกอย่างหนึ่งคือบุคคลนั้นจะต้องสามารถระลึกได้ (Recognize) ว่าสิ่งนั้น ๆ มีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง โดยแยกลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่นได้อย่างชัดเจน ซึ่งคุณลักษณะนี้จะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยคุณสมบัติในด้านการใช้การสังเกต

จากการศึกษาการสร้างมโนมติสรุปได้ว่า การสร้างมโนมติ สรุปว่า การสร้างมโนมติของนักเรียนเกิดจากได้รับความรู้ที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์ แล้วนำมาแยกแยะโดยอาศัยคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุ หรือเหตุการณ์นำมาหาความสัมพันธ์กับแนวความคิดของตน จนเกิดความเข้าใจและสรุปเป็นมโนมติระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

4.1.2 ความสำคัญของมโนมติ

มโนมติมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ถึงแก่นแท้ของเนื้อหาและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้ มีผู้อธิบายถึงความสำคัญของมโนมติไว้ดังนี้

ทวีพันธุ์ บุญชิ (2554) กล่าวถึงมีมโนมติว่า สรรพสิ่งในโลกนี้มีมากมายหลายลักษณะมนุษย์ไม่สามารถจดจำรายละเอียดเฉพาะของแต่ละสิ่งเหล่านั้นได้ทั้งหมดเมื่อลดความซับซ้อนของสิ่งแวดล้อมคังกล่าว จึงจำเป็นที่จะต้องจัดสิ่งต่างๆ เหล่านั้น เข้าเป็นหมวดหมู่ โดยใช้คุณสมบัติเฉพาะเป็นเกณฑ์ ทำให้มีชื่อเรียกกลุ่มของสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวเรา เช่น คน สัตว์ สิ่งของและอื่นๆ ดังนั้นจึงเกิดวิธีการที่ Bruner และคณะเรียกว่า กระบวนการจัดประเภท (Categorizing processes) เกณฑ์ในการจัดกลุ่มมีการกระทำได้ 2 ลักษณะ คือ การกระทำเพื่อสร้างมโนมติและการกระทำเพื่อเรียนรู้มโนมติ ในการสอนให้นักเรียนสร้างมโนมตินั้นนักเรียนจะเป็นผู้จัดประเภทของข้อมูลโดยใช้คุณสมบัติเฉพาะที่นักเรียนกำหนดเอง เป็นเกณฑ์ในการจำแนกโดยจะจัดกี่กลุ่มก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของนักเรียน แต่การสอนให้เรียนรู้หรือเข้าใจมโนมตินั้นจะมีเพียงมโนมติเดียวที่ผู้รู้หรือนักวิชาการกำหนดหรือจำแนกลักษณะเฉพาะไว้แล้วนักเรียนจะต้องใช้สิ่งชี้แนะที่ผู้สอนป้อนให้หาคุณสมบัติเฉพาะหรือเกณฑ์ในการจำแนกและดำจำกัดความของมโนมตินั้น

พงศธร ทิพรักษ์ (2554) ได้อธิบายสรุปถึงความสำคัญของการสอนโดยกำหนดมโนมติของเรื่องที่สอนไว้ดังนี้

1. มโนมติการเรียนการสอนจะเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ
2. มโนมติการเรียนการสอนช่วยให้ผู้สอนประเมินผลการเรียนของนักเรียนว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่
3. มโนมติการเรียนการสอน ช่วยให้ผู้สอนทราบว่าจะต้องเน้นส่วนใดของบทเรียนเพื่อที่จะทำให้นักเรียนเกิดมโนมติที่เรียนรู้ได้

ความคิดรวบยอดเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนการดำรงชีวิตของคน คนจะต้องสร้างความคิดรวบยอดอยู่เสมอ ตราบเท่าที่มีสิ่งเร้ามาปะทะประสาทสัมผัสให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งประโยชน์ของความคิดรวบยอดมีดังนี้

1. ช่วยลดความซ้ำซ้อนของสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่มากมายในโลกนี้ จัดรวมเข้าเป็นกลุ่มได้ เพราะคนไม่สามารถที่จะไปจดจำรายละเอียดสิ่งต่าง ๆ ในโลกได้ เช่น เราเรียกสัตว์อยู่บนบกเป็นชื่อเดียวกันง่ายๆ ว่า สัตว์บก เป็นต้น

2. ความคิดรวบยอดช่วยแบ่งแยกประเภท กำหนดชื่อสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราทำให้เรารู้ว่าอะไรเป็นอะไร ทำให้เราแยกเสียงม้าวิ่งออกจากเสียงรถได้ เป็นต้น

3. ช่วยเชื่อมโยงความรู้ความคิดเดิมกับความคิดรวบยอด ถ้าความคิดรวบยอดเดิมแจ่มชัดถูกต้อง จะช่วยให้การเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่ถูกต้อง จะช่วยให้การเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่สะดวกและง่ายขึ้น

4. เป็นตัวกำหนดความยากง่ายในเนื้อหาแก่นักเรียน นักเรียนวัยหนึ่ง ระดับหนึ่ง ควรจะรับรู้ในส่วนรายละเอียดหรือคุณลักษณะปลีกย่อยระดับหนึ่ง คุณลักษณะบางอย่างที่ไม่จำเป็นอาจจะข้ามละเลยไม่ต้องสอนก็ได้ หรือสิ่งที่เรียนมาก่อนแล้วก็ไม่จำเป็นต้องนำมาเรียนซ้ำเสียเวลา

ดังนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้ผล จะต้องมุ่งสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดในการสร้างองค์ความรู้ และกำหนดโครงสร้างทางความรู้ของนักเรียนเอง อันเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาหาความรู้และการประยุกต์ใช้ในความรู้ต่อไป (ทิศนา แขมมณี (2540))

จากการศึกษาความสำคัญของมโนมติสามารถสรุปได้ว่า มโนมติมีความสำคัญทางด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ผู้สอนทราบว่าจะต้องเน้นส่วนใดของบทเรียน ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติในเรื่องที่เรียนรู้ได้ ทำให้การเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่ถูกต้อง และทำให้การเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

3.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Mungsing (1993) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจจะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ละคนอาจจะมีมโนมติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคลนั้น ๆ

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง แนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์ เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสังเกตและอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่าซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นในสังคมของนักวิทยาศาสตร์เพราะธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Nature of scientific knowledge) ย่อมสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอหากมีข้อมูลหรือหลักฐานที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

เบญจพร อินทรสด (2553) มโนมติวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจ ของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องมีการ พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยจะต้องเน้นการสอนให้ผู้เรียนเกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2553) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์คือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องหนึ่งเรื่องใดในวิชาที่ได้จากข้อเท็จจริง และข้อมูลที่ได้มานั้นมาจากการทดลองแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น นำมาประมวลสัมพันธ์กันเป็นข้อสรุป

จากการศึกษาความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริง หลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงกับความรู้เดิมแล้วนำมาประมวลสรุปผล สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลหรือเหตุผลที่มากกว่า

3.3 การจัดกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การจัดกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ของนักวิชาการแต่ละศาสตร์ซึ่งมีผู้แบ่งประเภทไว้ดังนี้

Westbrook and Marek (1991) ได้ให้การจัดกลุ่มความเข้าใจของนักเรียน จากการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน
2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน
3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน
4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบ

ของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

Abraham et al. (1994) ได้จัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1. ความเข้าใจมโนมติ (Sound Understanding, CU)

2. ความเข้าใจบางส่วนของมโนมติ (Partial Understanding, PU)

3. ความเข้าใจบางส่วนและมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with a Specific Misconception, PU/SM)

4. มโนมติคลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง (Specific Misconception, SM)

5. ไม่ตอบคำถามหรือไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU)

Haider (1997) ได้พิจารณาการจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. มโนมติเชิงวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding, CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2. มโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องเป็นที่ยอมรับกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3. มโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีแนวความคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding With a Specific Misconception, PU&SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ และมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติวิทยาศาสตร์

4. มโนมติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception, SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติที่ยอมรับและไม่สอดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

5. ไม่เข้าใจแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding, NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

จากการศึกษาการจัดกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ การแบ่งกลุ่มของความเข้าใจมโนมติขึ้นอยู่กับเกณฑ์ของนักวิชาการแต่ละคน ซึ่งจะแบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากตามคำตอบของนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ซึ่งมีการให้คะแนนในแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกัน โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทาง

วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Westbrook and Marek (1991) โดยใช้เกณฑ์ซึ่งจัดการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

3.4 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Odum and Barrow (1995) กล่าวว่า แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ดีในการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยโอดัมและเคลลีได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Odum and Kelly, 2001) สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกตอบและการสัมภาษณ์

2. สร้างแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Twotier Multiple-Choice Format) คือ

ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content Question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัว

ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

2.2 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.3 เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

2.4 นำแบบวัดไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่า แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาให้มีความเหมาะสมในแต่ละมโนมติที่ศึกษา ซึ่งจะเป็น

แบบทดสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีคำถาม 2 คำถาม ซึ่ง คำถามที่ 2 มีความต่อเนื่องจากคำถามที่ 1 โดยให้บอกเหตุผลของคำถามที่ 1 ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 ให้บอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเลือกเหตุผลจากตัวเลือกที่กำหนดให้ และ ลักษณะที่ 2 ให้เหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเขียนอธิบายเหตุผล

นรินทร รัตนทา (2554) ได้ใช้แบบวัดความเขาใจมโนมติทางวิทยาศาสตร เรื่อง ธาตุกัมมันตรังสีเป็นขอสอบแบบปรนัย เลือกตอบ 4 ตัวเลือกพรอมใหเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบเรื่องธาตุกัมมันตรังสี จำนวน 25 ขอ

ตัวอย่างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

ก. การสลายตัวของรังสีแกมมาจะทำให้เลขอะตอมลดลงเสมอ

ข. การแผ่รังสีแอลฟาเกิดกับนิวเคลียสที่มีเลขอะตอมสูงกว่า 82

ค. การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน

ง. การแผ่รังสีบีตาจะทำให้นิวเคลียสของธาตุใหม่มีเลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1

แสดงการอธิบายคำตอบ

.....

.....

.....

.....

คำถาม : ข้อใดเป็นการกำจัดกากกัมมันตรังสีที่ดีที่สุด

ก. ใช้ปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบอื่น

ข. เร่งการสลายตัวโดยใช้ความดันสูงมาก

ค. เผาให้สลายตัวที่อุณหภูมิสูง

ง. ฝังกลบได้ดิน

แสดงการอธิบายคำตอบ

.....

.....

.....

.....

สมเจตน์ อุระศิลป์และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554) ได้ใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติแบบปรนัย ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับ (2-Tier Multiple Choice Conceptual Test) เรื่องพันธะเคมี จำนวน

30 ข้อ โดยในหนึ่งข้อประกอบด้วยตัวเลือก 2 ส่วน ได้แก่ คำถามชนิด 4 ตัวเลือก และเหตุผลที่เลือกคำตอบในส่วนที่ 1

ตัวอย่างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : สารประกอบใดต่อไปนี้มีรูปร่างโมเลกุล

ก. NH_3, AsH_2 ข. H_2Se, HCl ค. $BeCl_2$, CO_2 ง.H_2S, Cl_2O

เหตุผล : เพราะอะตอมกลางมี

1. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่
2. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
3. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่
4. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2557) ได้ใช้แบบทดสอบวัดมโนมติแบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับชั้น (2-Tier Multiple Choice Conceptual Test) เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นตัวเลือกของคำตอบชนิด 3 ตัวเลือกและส่วนที่สองเป็นเหตุผล 3 ตัวเลือกหรือเป็นการเขียนเหตุผลประกอบที่เลือกคำตอบในส่วนที่ 1

ตัวอย่างแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

คำถาม : ข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน

ก. เพิ่มพื้นที่ผิว ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา

ข. เพิ่มพลังงานของสารตั้งต้น เพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a)

ค. เพิ่มพื้นที่ผิว เพิ่มขนาดภาชนะที่บรรจุ

เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

คำถาม : พิจารณาปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้ $A + 2B \longrightarrow 3C + 5D$

พลังงานของสารตั้งต้น A และ B เท่ากับ 140 kJ ซึ่งน้อยกว่าพลังงานของ C และ D ถ้าพลังงานที่สภาวะทรานซิชันเท่ากับ 900 kJ ปฏิกิริยานี้มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบใดและมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์เท่าใด

ก. +260 kJ

ข. +760 kJ

ค. -1040 kJ

แสดงการคำนวณพร้อมวาดกราฟประกอบ

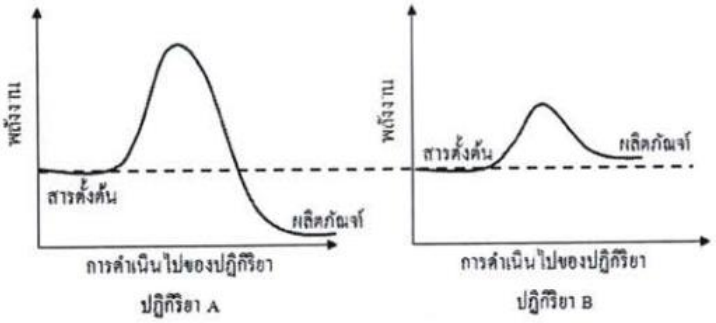
.....

.....

.....

.....

คำถาม : จากกราฟข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยา A และปฏิกิริยา B ข้อใดถูกต้อง



ก. ปฏิกิริยา A เกิดยากกว่าปฏิกิริยา B

ข. ที่อุณหภูมิเดียวกันปฏิกิริยา A เกิดได้เร็วกว่าปฏิกิริยา B

ค. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิพลังงานกระตุ้นของทั้งสองปฏิกิริยาจะสูงขึ้นมาก

เหตุผล : เพราะ

ก. จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงมีจำนวนมากขึ้น

ข. ปฏิกิริยาคายความร้อนเกิดได้ยากกว่าปฏิกิริยาดูดความร้อน

ค. ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วหรือช้าขึ้นกับค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a)

จากการศึกษาการวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า การวัดความเข้าใจมโนมติมีหลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ หรือการทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แบบทดสอบชนิดเขียนตอบ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ โดยแบบทดสอบชนิดเลือกตอบหรือการใช้วิธีการวัดหลาย ๆ วิธีร่วมกัน เช่น การสัมภาษณ์และการทดสอบด้วยแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิดเป็นวิธีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นด้วยภาษาของตัวเองและตามความคิดของตัวเอง ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแก๊ส ใช้แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ แบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบ ส่วนที่ 1 ใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 อัตนัยแสดงเหตุผลที่ใช้ในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น

การสร้างแบบทดสอบในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบแบบทดสอบ 2 ลำดับขั้นโดยอาศัยหลักการออกแบบข้อสอบวินิจฉัย 2 ลำดับขั้นของ Treagust (Treagust, 1998) ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือคำตอบของคำถามเรียกว่าส่วน A-tier เป็นส่วนที่วัดการตอบสนองทางด้านความรู้ในเนื้อหาหรือความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์มีลักษณะเป็นแบบทดสอบ แบบเลือกตอบ ที่ประกอบด้วยตัวเลือกต่าง ๆ โดยมี1 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ถูกต้องและตัวเลือกอื่น ๆ เป็นตัวลวงซึ่งจะแสดงมโนมติที่คลาดเคลื่อน

ส่วนที่ 2 คือเหตุผลของคำตอบเรียกว่าส่วน R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้หรือการตอบสนองเหตุผลของคำตอบในส่วน A-tier มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบหรือเติมคำตอบ

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ความหมายของสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึงความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่จะต้องอาศัยทักษะหรือก็ต้องอาศัยความรอบรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ

ศุภพงศ์ คล้ายคลึง (2548) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงผลสำเร็จที่เกิดจากพฤติกรรมการกระทำกิจกรรมของแต่ละบุคคลที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมากทั้งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญาและองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญาซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านต่าง ๆ

สุวิชา วันสุดล (2554) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึงความรู้ความสามารถของนักเรียน ซึ่งวัดได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้ 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ – ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนมาแล้วเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด ข้อตกลง หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย การตีความรวมไปถึงการขยายความจากความรู้ที่ได้เรียนมาโดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมา และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ใหม่ที่ยังไม่เคยพบ หรือต่างจากที่เคยเรียนมาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ด้านการวิเคราะห์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถคิด หรือแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ความสามารถในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความคิดของแต่ละคน

สมนึก ภัททิยธนี (2558) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เป็นแบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วมี 2 ประเภทคือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐานล้วน

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้หรือจากประสบการณ์ที่ได้รับมาซึ่งทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ในด้านของทักษะ ความรู้ ความสามารถ และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกจากตัวนักเรียนเอง

4.2 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2526) กล่าววา การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือความสำเร็จในการเรียนของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอบ ดังนี้

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถดังกล่าวในรูปการกระทำจริงให้ออกมาเป็นผลงานได้โดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาอันเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบสำหรับวัดผลสัมฤทธิ์

นิภา เมธธาวิชัย (2536) ได้นิยามความหมายว่า การวดัผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นวิธีการตรวจสอบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมตามจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่ตั้งไว้เพียงใด ภายหลังจากที่ได้เรียนไปแล้ว โดยใช้แบบทดสอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ยึดแนวทางของ Klopfe (1985) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้จากพฤติกรรม 4 ด้านเป็นหลักคือ ความรู้ ความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งมุ่งหวังให้เกิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย

1.1. พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีความจำในเรื่องต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหนังสือและการฟังจากคำบรรยาย

1.2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่สูงกว่าความรู้ความจำ

1.3. พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการดำเนินการโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี รวมทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย การพิจารณาด้านจิตพิสัยของผู้เรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น พิจารณาจากพฤติกรรมด้านความรู้สึกอารมณ์ และระดับการยอมรับหรือปฏิเสธ แต่อย่างไรก็ตามมิได้รวมถึงพฤติกรรมด้านความรู้สึกทั้งหมดที่ควรจะเกิดขึ้นในตัวนักเรียนวิทยาศาสตร์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินงาน

กระทรวงศึกษาธิการ (2551) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรวัดเพื่อวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียน และวัดความสำเร็จหลังเรียน ดังนี้

1. วิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียน เป็นหนาที่ของครูผู้สอนในแต่ละวิชา เพื่อตรวจสอบความรู ทักษะและความรูต่าง ๆ ของผู้เรียนโดยใชวิธีการที่เหมาะสม แลวนำผลการประเมินมาเตรียมผู้เรียนทุกคน ใหมีความพรอมและมีความรูพื้นฐาน ซึ่งจะช่วยใหการจัดกระบวนการเรียนรูของผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนได้เป็นอย่างดี แต่จะไม่นำผลที่ได้ไปใชในการพิจารณาตัดสินผลการเรียนมีแนวปฏิบัติดังนี้

1.1 วิเคราะห์ความรู ทักษะที่เป็นพื้นฐานของเรื่องที่จะเรียนรู

1.2 เลือกวิธีการและเครื่องมือสำหรับวัดความรูและทักษะพื้นฐานอย่างเหมาะสมการใชแบบทดสอบ การซักถาม การสอบถามผู้ที่เคยสอน การพิจารณาแฟ้มสะสมงาน เป็นต้น

1.3 ดำเนินการประเมินความรูและทักษะพื้นฐานของผู้เรียน

1.4 นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนใหมีความพรอมที่จะเรียน เชน จัดการเรียนรูพื้นฐานสำหรับผู้ที่ตองการความช่วยเหลือ และเตรียมแผนการจัดการเรียนรูเพื่อสนับสนุนผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ เป็นตน

2. วัดความสำเร็จหลังเรียน เป็นการประเมินเพื่อมุ่งตรวจสอบความสำเร็จของผู้เรียนเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนที่ได้เรียนจบแลว เพื่อตรวจสอบผลการเรียนรูของผู้เรียนตามตัวชี้วัด หรือผลการเรียนรูพัฒนาการของผู้เรียนเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการประเมินวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียน ทำใหสามารถประเมินศักยภาพในการเรียนรูของผู้เรียน และประสิทธิภาพในการ

จัดการเรียนรูของครูผู้สอน ขอมูลได้จากการวัดความสำเร็จของผู้เรียนภายหลังการเรียน สามารถนำไปใชประโยชนในการปรับปรุงแกวิธีการเรียนของผู้เรียน การพัฒนากระบวนการเรียนรูของผู้สอน หรือซอมเสริมผู้เรียนใหบรรลุตัวชี้วัด หรือผลการเรียนรู การประเมินความสำเร็จหลังเรียนนี้จะสอดคล้องกับการประเมินวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนการเรียนการสอน หากใชวิธีการและเครื่องมือประเมินชุดเดียวกัน หรือคูขนานกัน เพื่อดูพัฒนาการของผู้เรียนได้ชัดเจน

วนิดา ดีแป้น (2553) ได้กล่าวว่า การวัดและการประเมินผลการเรียน คือ กระบวนการตรวจสอบผู้เรียนว่าได้พัฒนาไปถึงจุดหมายปลายทางของหลักสูตรและมีคุณลักษณะที่ พึงประสงค์เป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ รวมทั้งเป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่าผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยการวัดและการประเมินผลการเรียนมีจุดประสงค์คือ การจัดตำแหน่งเพื่อเป็นการวัดว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้หรือทักษะเพียงพอหรือไม่ ซึ่งจะทำให้ทราบจุดเด่นจุดด้อยของผู้เรียนเป็นการประเมินพัฒนาการของเด็ก แล้วนำไปทำนายเพื่อเป็นการแนะแนวทางในการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อ นำไปประเมินค่าซึ่งจะกระทำเมื่อการสอนสิ้นสุดลง

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพิจารณาถึงพฤติกรรมของการวัดที่สอดคลองกับจุดประสงคการเรียนรู และพฤติกรรมที่ตองการใหเกิดกับผู้เรียนซึ่งการวัดผลที่มีประสิทธิภาพ ตองวัดใหตรงตามจุดประสงคและครอบคลุมเนื้อหาที่ผู้เรียนได้เรียน สามารถวัดได้จากการใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือกระบวนการที่ไม่ต้องใช้แบบทดสอบ เช่น การสังเกตจากงานที่ได้รับมอบหมาย จะเห็นว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้กันทั่วไปมักอยู่ในรูปแบบของคะแนนหรือเกรดที่ได้จากการเรียน

4.3 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

Anderson and Krathwohl (2001) ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียน การสอน และการประเมิน หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากับบลูม (Revised Bloom’s Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจากคำนามให้เป็นคำกิริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้ ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ
2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการ ต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผังตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ

3. ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้

4. ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมาตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์

5. ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า

6. ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถการนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อย เข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสรรค์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวถึง ผลงานทางวิชาการของเบนจามิน บลูม (Benjamin S. Bloom) ที่มีชื่อ อนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ความจำ เป็นความสามารถในการระลึกได้ถึงเรื่องราวที่ผ่านมา และสามารถถ่ายทอดออกมาได้อย่างถูกต้อง เช่น นักเรียนสามารถบอกสูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ นักเรียนสามารถบรรยายขั้นตอนการตอนกิ่งได้ นักเรียนสามารถบ่งชี้โทษของบุหรี่ได้

2. ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการผสมผสานความรู้ความจำแล้วถ่ายทอดออกมาในอีกลักษณะหนึ่งที่ไม่เหมือนเดิมโดยที่ความหมายเดิมไม่เปลี่ยนแปลงไป มี 3 ลักษณะ คือ การแปลความ การตีความ และการขยายความ เช่น นักเรียนสามารถแปลความบทร้อยกรองให้เป็นร้อยแก้วได้ นักเรียนอ่านแผนผังที่กำหนดให้ได้ นักเรียนคาดคะเนแนวโน้มของข้อมูลจากกราฟที่กำหนดให้ได้

3. การนำไปใช้ เป็นความสามารถนำความรู้ความจำและความเข้าใจไปใช้ แก้ปัญหาในสถานการณ์แปลก ๆ ใหม่ ๆ ได้ เช่น นักเรียนสามารถแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เกี่ยวกับการคูณได้ นักเรียนสามารถใช้คำราชาศัพท์ได้เหมาะสมกับสถานการณ์

4. การวิเคราะห์ ความสามารถในการแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อค้นหาความจริงหรือความสำคัญที่แฝงอยู่ในสิ่งนั้น เช่น นักเรียนสามารถบอกสาเหตุสำคัญของปัญหามลภาวะเป็นพิษในปัจจุบันได้ นักเรียนสามารถตั้งชื่อเรื่องจากบทความที่กำหนดให้อ่านได้

5. การสังเคราะห์ ความสามารถในการรวบรวมสิ่งต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้วเกิดเป็นสิ่งใหม่ที่ดีขึ้นกว่าเดิม เช่น นักเรียนสามารถเขียนเรียงความได้ นักเรียนสามารถวางแผนการจัดแสดงละครได้

6. การประเมินค่า ความสามารถในการตัดสินคุณค่าสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีกฎเกณฑ์ เช่น นักเรียนสามารถตัดสินความน่าเชื่อถือจากข่าวที่กำหนดให้อ่านได้ นักเรียนสามารถเปรียบเทียบคุณภาพของอาหารจากการสังเกตการปฏิบัติการปรุงอาหารแต่ละครั้งได้

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า จากอนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย สามารถแบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีให้ดียิ่งขึ้น โดยวัดผลด้านพุทธิพิสัยในระดับความรู้ความจำ เข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์ เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4.4 ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2531) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนไปแล้วมักเขียนเป็นคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง ซึ่งแบ่งแบบทดสอบประเภทนี้ได้ 2 พวก คือ

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของคำถามที่ครูสร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ในห้องเรียนว่ามีความรู้แค่ไหนบกพร่องส่วนไหนจะได้ซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดความพร้อมของนักเรียนที่จะเรียนใหม่ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาหรือครูผู้สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งมีคุณภาพดีพอ จึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการสอนเรื่องใด ๆ ก็ได้แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอกถึงวิธีการสอบ และยังมีมาตรฐานในการแปลคะแนนด้วย ทั้งนี้แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐานวิธีการในการสร้างข้อคำถามเหมือนกันเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมที่สอนไปแล้ว จะเป็นพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามได้ ซึ่งการจัดให้ครอบคลุมพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. วัดด้านความรู้ความจำ
2. วัดด้านความเข้าใจ

3. วัดด้านการนำไปใช้

4. วัดด้านการคิดวิเคราะห์

5. วัดด้านการสังเคราะห์

6. วัดด้านการประเมินค่า

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) ได้จัดประเภทแบบทดสอบไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบปากเปล่า เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล ใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียด เพราะสามารถโต้ตอบกันได้

2. แบบเขียนตอบ เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัด แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1 แบบความเรียง หรืออัตนัย เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียบเรียงคำพูดของตนเองในการแสดงทัศนคติ ความรู้สึก และความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวเรื่องที่กำหนดให้ เป็นข้อสอบที่สามารถ วัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ได้อย่างดี แต่มีข้อเสียที่การให้คะแนน ซึ่งอาจไม่เที่ยงตรง ทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

2.2 แบบจำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบ ที่มีคำตอบถูกใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ

3. แบบปฏิบัติ เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง ๆ เช่น การทดสอบทางดนตรี ช่างกล พลศึกษา เป็นต้น

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และเขียนข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-False Test) คือข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือกแต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยค

หรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆเขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีค่าหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนั้นจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้พิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน

ชวลิต ชูกำแพง (2550) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. แบบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่เขียนคำถามโดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาในรูปใดรูปหนึ่งเพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็นได้อย่างไม่จำกัด คำตอบของข้อสอบแบบอัตนัย มีลักษณะและปริมาณไม่แน่นอน การตอบข้อสอบแบบอัตนัยจึงต้องจัดระเบียบคำตอบภายในเวลาที่กำหนดให้ ใช้สำนวนภาษาและแบบฉบับของตนเองเขียนตอบ เขียนคำตอบให้ครอบคลุมอย่างสมบูรณ์และระมัดระวังการตรวจให้คะแนน ผู้ที่ตรวจต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ต้องอาศัยทักษะและความพยายามในการอ่าน และทำใจให้เป็นกลางในการตรวจ

2. แบบเติมคำ เป็นลักษณะของแบบทดสอบที่เขียนประโยคหรือข้อความเป็นตอนนำไว้แล้วเว้นช่องว่างระหว่างข้อความหรือท้ายข้อความ สำหรับให้เติมคำหรือข้อความเพื่อให้ข้อความนั้นถูกต้องสมบูรณ์ การเว้นช่องว่างอาจจะเว้นที่ว่างให้เติมมากกว่าหนึ่งแห่ง

3. แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำถามและส่วนที่เป็นคำตอบ ส่วนคำถามเป็นข้อความปัญหาเขียนเป็นประโยคคำถาม ส่วนคำตอบให้เลือกเป็นตัวเลือกหลายตัวเลือก มีทั้งคำตอบถูกและคำตอบผิด เรียกว่าตัวลวง ข้อสอบแบบเลือกตอบจึงเป็นข้อสอบชนิดที่มีคำตอบกำหนดไว้ให้ก่อน แล้วผู้ตอบเลือกตอบตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง หรือหลายตัวเลือกแล้วแต่เงื่อนไขคำถาม

4. แบบถูกผิด ลักษณะของข้อสอบจะเขียนข้อความที่เป็นสถานการณ์ซึ่งมีทั้งถูกหรือผิดคละกันไป รูปแบบคำถามจำแนกเป็น แบบคำถามเดี่ยว แบบคำถามขยาย และแบบคำตอบผสมโดยให้พิจารณาว่าคำถามหรือข้อความนั้นถูกหรือผิด

5. แบบจับคู่ ลักษณะของข้อสอบประกอบด้วยคำถาม เขียนเป็นตัวยืนไว้ในสดมภ์ซ้ายมือโดยมีที่ว่างเว้นไว้หน้าข้อเพื่อให้ผู้ตอบเลือกหาคำตอบที่เขียนไว้ในสดมภ์ขวามือ รูปแบบคำถามสามารถจำแนกได้เป็น แบบหาความสัมพันธ์ แบบตัวเลือกคงที่ และแบบจัดเรียงลำดับ

ไพศาล วรคำ (2562) ได้กล่าวถึงการจำแนกแบบทดสอบตามการตรวจให้คะแนน สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจก็จะสามารถให้คะแนนได้ถูกต้องตรงกันเสมอ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นต้น

2. แบบทดสอบอัตนัย (Subjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำหรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่นแบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

3. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Subjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

สรุปได้ว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกได้หลายประเภทตามเกณฑ์การจำแนก จึงมีการสร้างแบบทดสอบหลากหลายได้แก่ ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียงข้อสอบแบบกาถูกกาผิด ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ข้อสอบแบบจับคู่ และข้อสอบแบบเลือกตอบ ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส ใช้แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

4.5 การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลักในการวางแผนออกข้อสอบดังนี้

Ebel and Frisbie (1965) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบ ในการเรียนการสอนอาจมีการสอบหลายครั้ง เช่น ทดสอบย่อยระหว่างเรียน ทดสอบรวมปลายภาคเรียน ทดสอบเพื่อวินิจฉัย ทดสอบเพื่อคัดเลือก เป็นต้น ครูจะต้องกำหนดว่าจะใช้แบบสอบเพื่อจุดมุ่งหมายใด เมื่อไร เพื่อจะได้ออกข้อสอบที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการ

2. กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเน้น ในการสอบแต่ละครั้งครูจะต้องกำหนดว่าจะวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยหรือทักษะพิสัย การทดสอบความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน จำนวนข้อสอบในเนื้อหาสาระแต่ละตอนจะต้องสัมพันธ์กับน้ำหนักความสำคัญและเนื้อหาในตอนนั้น ๆ วิธีการที่จะช่วยให้บรรลุจุดมุ่งหมายนี้คือ การจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3. เลือกรูปแบบข้อสอบ ประเภทของข้อสอบที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการสอนและองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะเนื้อหาวิชาธรรมชาติของผู้สอบ เป็นต้น ข้อสอบแต่ละแบบจะมีลักษณะเด่นและลักษณะด้อยแตกต่างกันไป

4. เวลาที่ใช้ในการสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งมายในการสอบ เช่น ทดสอบย่อยหรือทดสอบรวม ระดับชั้นของผู้เรียน ธรรมชาติของวิชา โดยทั่วไปเวลาสอบที่มีความยาวจะมีค่าความเที่ยงของคะแนนสูงขึ้น

5. กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนการสอนที่จะออกข้อสอบ ข้อสอบควรเป็นตัวแทนของสิ่งที่ได้สอบไปแล้ว แต่ในการสอบบางครั้งนั้น ไม่สามารถที่จะวัดได้ครบทุกจุดประสงค์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกจุดประสงค์ที่สำคัญมาเป็นตัวแทนของสิ่งที่สอนไปแล้วมาสอบวัด

6. ตัดสินใจว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด ข้อสอบจะมีความยากง่ายระดับใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้แบบสอบ ถ้าต้องการใช้แบบสอบเพื่อวินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียน หรือถ้าเป็นแบบสอบที่ต้องการใช้ประเมินผลการเรียน ข้อสอบควรมีความยากง่ายปานกลาง เพื่อให้นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งตอบถูกและนักเรียนอีกครึ่งหนึ่งตอบผิด ทำให้ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง

7. กำหนดวิธีการตอบแบบสอบของนักเรียน ในบางครั้งแบบสอบจะมีข้อสอบหลายๆ รูปแบบ เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติม ข้อสอบแบบถูกผิด ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบลงมือปฏิบัติหรือข้อสอบอัตนัย ครูจะต้องกำหนดลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละแบบให้ชัดเจน เช่น ให้ให้ทำในตัวข้อสอบหรือให้ตอบในกระดาษคำตอบ โดยแยกเป็นตอนไม่ปะปนกัน ทั้งนี้ครูต้องกำหนดวิธีการตรวจข้อสอบไปพร้อม ๆ กันด้วย เช่น ตรวจด้วยมือหรือตรวจด้วยเครื่อง

8. กำหนดวิธีการจำแนกผลการทดสอบ เมื่อตรวจให้คะแนนเรียบร้อยแล้วจะแจกแจง และแปรความหมายคะแนนอย่างไร ใช้ระบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่ม เป็นต้น

บุญชม ศรีสะอาด (2545) กล่าววาถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาขั้นแรกจะต้องทำการวิเคราะห์ดูวามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และที่จะต้องวัด แต่ละหัวข้อเหล่านั้นต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมหรือสมรรถภาพอะไร กำหนดออกมาให้ชัดเจน

2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ จากขั้นแรกพิจารณาต่อไปวาจะวัด

พฤติกรรมย่อยอะไรบ้าง อย่างละกี่ข้อพฤติกรรมดังกล่าวคือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นเอง เมื่อกาหนดจำนวนข้อที่ต้องการจริงเสร็จแล้ว ต่อมาพิจารณาว่า จะต้องออกข้อสอบออกข้อสอบเกินไว้ข้อละกี่ข้อ ควรออกเกินไว้ไม่ต่ำกวา 25% ทั้งนี้หลังจากที่นำไปทดลองใช้และวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อแล้ว จะตัดข้อที่ไม่มีคุณภาพ ไม่เข้าเกณฑ์ออก ข้อสอบที่เหลือจะได้ไม่น้อยกวาข้อสอบที่ต้องการจริง

3. กำหนดรูปแบบของข้อค าถามและศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ ขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นที่ 2 ของการวางแผนสร้างข้อสอบ เช่น ศึกษาหลักในการเขียนคำถามแบบนั้น ๆ ศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบเพื่อจุดประสงค์ประเภทต่าง ๆ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบของตน

4. เขียนข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามตารางที่กำหนด จำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและใช้รูปแบบการเขียนตามที่ศึกษาในขั้นตอนที่ 3

5. ตรวจทานข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้แล้วในขั้น 4 มาพิจารณาทบทวนอีกครั้งโดยพิจารณาความถูกต้องตามหลักวิชา แต่ละข้อวัดพฤติกรรมย่อยหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะเข้ากับเกณฑ์หรือไม่ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมยิงขึ้น

6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา นำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและข้อสอบที่วัดแต่ละจุดประสงค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและด้านเนื้อหาจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน พิจารณาว่าข้อสอบในแต่ละข้อวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้นั้นหรือไม่ ถ้ามีข้อที่ไม่เข้าเกณฑ์ควรพิจารณาปรับปรุงให้เหมาะสม เว้นแต่จะไม่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างชัดเจน

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบที่ผานการพิจารณาว่าเหมาะสมเข้าเกณฑ์ในขั้นที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกบแบบทดสอบ วิธีตอบ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

8. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพและปรับปรุง

9. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง นำข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์จากผลการวิเคราะห์ในขั้นที่ 8 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริงต่อไป โดยเน้นการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง คำชี้แจงที่ละเอียดแจ่มชัด ผู้อ่านเข้าใจง่าย

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) กล่าวถึง ขั้นตอนของการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบโดยต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2. ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้าง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพประกอบด้วย

2.1 การวางแผนการทดสอบ ควรมีการทดสอบอย่างน้อย ภาคเรียนละ 2 ครั้ง

2.2 การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ได้แก่ แบบสอบอิงกลุ่ม แบบสอบข้อเขียน แบบสอบเสนอคำตอบ แบบสอบความเร็ว และแบบสอบเป็นกลุ่ม

2.3 การสร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กัน

2.4 การสร้างผังข้อสอบ เพื่อเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าจะวัดเนื้อหาอะไร และจะวัดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้อะไร ขอบเขตของเนื้อหาวิชาตลอดจนการกำหนดน้ำหนักความสำคัญหรือสัดส่วนข้อสอบสำหรับวัดพฤติกรรมที่ต้องการทดสอบแต่ละครั้ง

3. เขียนข้อสอบ โดยผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน โดยมีลำดับขั้นตอนการเขียนดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบโดยผู้เขียนข้อสอบและโดยผู้อื่น เช่น อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ โดยการปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งขัดเกลาข้อความ และภาษาให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรระมัดระวังในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบข้อสอบ ไม่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายอย่างสุดขั้ว เมื่อทดลองใช้แล้ว นำมาวิเคราะห์และคัดเลือกข้อสอบ โดยการหาความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม นำข้อสอบมารวมกันเป็นแบบทดสอบ และทำการวิเคราะห์แบบทดสอบโดยการหาความเที่ยงและความตรง

5. นำแบบทดสอบไปใช้

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ด้านความเที่ยงและความตรง

7. ปรับปรุงแบบทดสอบ

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องมีการวางแผนคำนึงถึงศักยภาพของนักเรียนและสร้างให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของหลักสูตรโดยการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ จนได้ทดสอบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้

4.6 การหาคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ปราณี หลำเบ็ญสะ (2559) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ครูผู้สอนต้องหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อเป็นการยืนยันว่าเครื่องมือดังกล่าวมีคุณภาพ ซึ่งการหาคุณภาพของเครื่องมือสามารถจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ

การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัด เกี่ยวกับความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) รายละเอียด ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัด ที่สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัด เป็นความสอดคล้องระหว่างผลการวัด กับสิ่งที่ต้องการวัด ความตรงที่ใช้ในการทดสอบจำแนกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และ ความตรงตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องโดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จะเกี่ยวข้องกับความตรงตามเนื้อหามากกว่าความตรงชนิดอื่น ๆ

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการหาค่าความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบหรือข้อคำถามแต่ละข้อวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) จากสูตร

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

เมื่อ ΣR แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่า 0.50 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์หรือตรงตามเนื้อหานั้น แสดงว่า ข้อคำถามข้อนั้นใช้ได้

2. ความเชื่อมั่น ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่วัดได้แต่ละครั้ง วิธีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทำได้หลายวิธีคือ

1. วิธีสอบซ้ำ
2. วิธีแบบทดสอบคู่ขนาน

3. วิธีหาความสอดคล้องภายใน แบ่งเป็น

3.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ

3.2 วิธีหาจากสูตรคูเดอร์และริชาร์ดสัน

3.3 วิธีหาจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา

1. วิธีสอบซ้ำ

การหาความเชื่อมั่นโดยวิธีสอบซ้ำ เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันสองครั้ง โดยทิ้งช่วงห่างให้เหมาะสม (ประมาณ 2 สัปดาห์) การหาความเชื่อมั่น โดยวิธีนี้เป็นการตรวจสอบความคงที่ของการแสดงออกของผู้สอบสองครั้งว่า จะมีความคงที่หรือไม่ วิธีการนี้มีจุดอ่อนที่ความแปรเปลี่ยนภายในตัวผู้สอบในระหว่างทิ้งช่วงการสอบ ดังนั้นการหาความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้ควรน าไปใช้กับแบบทดสอบวัดคุณลักษณะที่ค่อนข้างจะคงที่ไม่แปรเปลี่ยนโดยง่าย

2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน

การหาความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีแบบทดสอบคู่ขนาน เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการนำแบบทดสอบ 2 ฉบับที่เทียบเท่ากันไปสอบกับบุคคลกลุ่มเดียวกัน วิธีการนี้มีจุดอ่อนที่ความเป็นคู่ขนานกันของแบบทดสอบ 2 ฉบับซึ่งสร้างได้ยาก

3. วิธีหาความสอดคล้องภายใน

3.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ

การหาความเที่ยงโดยวิธีนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการใช้แบบทดสอบฉบับเดียวและสอบเพียงครั้งเดียว โดยนำผลการสอบมาแบ่งเป็นข้อมูล 2 ชุด โดยอาจแบ่งเป็นข้อคู่ - ข้อคี่ แบ่งเป็นครึ่งฉบับแรกครึ่งฉบับหลัง จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะได้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบครึ่งฉบับ แล้วจึงนำไปปรับขยายเป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตรของสเปียร์แมน บราวน์ (Spearman Brown) ดังนี้

$$R_{tt} = \frac{2r_{mm}}{1 + r_{mm}}$$

เมื่อ R_{tt} แทน ความเที่ยงขแบแบบทดสอบทั้งฉบับ

R_{mm} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอดครึ่งฉบับ

3.2 วิธีหาจากสูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสัน

การหาความเที่ยงโดยวิธีนี้ เป็นการหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากการใช้แบบทดสอบฉบับเดียวและสอบเพียงครั้งเดียวโดยนeผลการสอบมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ใช้สูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสันซึ่งเป็นการหาความเที่ยงของแบบทดสอบที่มีระบบการให้คะแนนแบบ

0,1 (ผิด 0, ถูก 1) สูตรที่ใช้มี2 สูตร คือ สูตร KR - 20 กับสูตร KR – 21 สูตร KR -20 ในกรณีที่ค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อไม่เท่ากัน

$$R_{KR-20} = \frac{K}{K-1}(1 - \frac{\Sigma pq}{S^2})$$

เมื่อ R_{tt} แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบ

P แทน ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ (สัดส่วนที่ตอบถูก)

q แทน สัดส่วนที่ตอบผิด (1-p)

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

$$s^2 = \frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N^2}$$

สูตร KR-21 ในกรณีที่ค่าความยากง่ายของข้อสอบทุกข้อเท่ากันหรือไม่แตกต่างกันมาก

$$R_{KP-21} = \frac{K}{K-1}(\frac{1 - \bar{X}(K - \bar{X})}{KS^2})$$

เมื่อ *Rt* แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบ

X แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของแบบทดสอบทั้งฉบับ

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

สูตร *KR - 20* และ *KR - 21* นี้ใช้ได้เฉพาะการหาความเที่ยงของแบบทดสอบที่ให้คะแนนแต่ละข้อเป็นแบบ 0 กับ 1 เท่านั้น สูตร *KR - 21* ใช้ในกรณีข้อสอบทุกข้อมีค่าความยากเท่ากัน ซึ่งในทางปฏิบัติต้องพิจารณาเงื่อนไขที่เป็นจริงด้วย

$$\alpha = \frac{K}{K-1}(1 - \frac{\Sigma S^2}{S^z}1_t)$$

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

S^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ

S^z แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด

การหาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา สามารถหาได้โดยใช้ผลการสอบจากแบบทดสอบฉบับเดียวนำไปสอบกับบุคคลกลุ่มเดียว และนำไปใช้กันได้อย่างกว้างขวาง โดยไม่จำกัดเฉพาะแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบ 1 กับ 0

2.การวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อ โดย

พิจารณาจากสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ความยาก อำนาจจำแนก และประสิทธิภาพของตัวลวง

1.1 ความยากของข้อสอบ

ความยากของข้อสอบ หมายถึง สัดส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบทั้งหมด หรือหมายถึงจำนวนร้อยละของผู้ตอบข้อสอบนั้น ๆ ถูก ตัวอย่างเช่น ค่า p = 0.30 แสดงว่า จำนวนผู้ตอบ 100 คน มีผู้ที่ตอบข้อนั้น ๆ ถูก 30 คน ค่าความยากง่ายจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1.00 สามารถหาได้จากสูตร

$$P = \frac{R_H - R_L}{N_H - N_L}$$

P คือ ความยากง่าย

R_H คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง

R_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ

N_H คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง

N_L คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนต่ำ

ในการพิจารณาค่าความยากง่ายนั้น ถ้าข้อสอบมีค่าความยากง่ายสูง เช่น p = 0.95 แสดงว่ามีผู้ตอบถูกจำนวนมาก จึงถือว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย แต่ในทางกลับกัน ถ้าข้อสอบมีผู้ตอบถูกน้อย เช่น p = 0.15 แสดงว่า เป็นข้อสอบที่ยาก ข้อสอบที่ดีจะมีระดับความยากง่าย เท่ากับ 0.5 ซึ่งจะทำให้เกิดค่าอำนาจการจำแนกสูงสุดและมีความเชื่อมั่นสูง อย่างไรก็ตามในการสอบวัดความรู้ผลการเรียนโดยทั่วไป มักนิยมให้มีข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายในระดับต่าง ๆ ปะปนกันไป โดยจัดให้มีข้อสอบมีค่าความยากง่ายพอเหมาะ (p มีค่าใกล้เคียง 0.5) เป็นส่วนใหญ่รวมทั้งให้มีข้อสอบที่ค่อนข้างยากและค่อนข้างง่ายอีกจำนวนหนึ่ง แต่ถ้าเป็นการสอบแข่งขันเพื่อคัดเลือกผู้ที่มีความรู้ความสามารถควรมีสัดส่วนของข้อสอบที่ยากสูงขึ้น ทั้งนี้ ข้อสอบที่ดีควรมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 ในข้อสอบประเภท 4 ตัวเลือก ส่วนข้อสอบประเภทถูก – ผิด ค่าความยากง่าย ควรอยู่ระหว่าง 0.60 - 0.70

เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย (p) ของข้อสอบ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543))

ความยากง่ายของข้อสอบ (p)	ความหมาย
0.81 – 1.00	ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 – 0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40 – 0.59	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0 – 0.19	ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

สรุปได้ว่า การหาคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นเป็นการพิจารณาความเหมาะสมความถูกต้องของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการตรวจสอบคุณสมบัติและพัฒนาข้อสอบให้เป็นข้อสอบที่ดีตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์ข้อสอบวิเคราะห์ทั้งในด้านคุณภาพ ได้แก่ ความเที่ยงตรงของคำถามและความเหมาะสมของแบบทดสอบและด้านปริมาณ ได้แก่ ความยาก อำนาจจำแนก ในการวิจัยครั้งนี้มีการใช้ทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ ได้แก่ ความเหมาะสม ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความเชื่อมั่น ความยาก และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ได้ศึกษาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 เป็นการวิชัยเชิงสำรวจเพื่อสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเก็บข้อมูลด้วยแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี ในระยะที่ 2 เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี ใบกิจกรรม บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน บันทึกหลังการสอน และการสังเกตการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนในแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ค่าคงที่สมดุล และปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล และพบว่ามีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีและหลักของเลอชาเตอลิเอ ส่วนผลการวิจัยระยะที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทั้งระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับปานกลางในทุก ๆ ด้าน

ฮำมีด๊ะ มูสอ (2555) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตัวยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 เพื่อสำรวจแบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน โดยใช้แบบจำลองทางความคิดเรื่องกรดเบส พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรดเบส การไทเทรตกรดเบสและสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ ระยะที่ 2 เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรดเบสและแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง กรด-เบสของนักเรียบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรดเบส อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน บันทึกหลังการสอนและการสังเกตการเรียนรู้ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดทฤษฎีกรดเบสและสารละลายบัฟเฟอร์โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติ

ของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม แบบทดสอบความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนและบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยซึ่งทำหน้าที่เป็นครูผู้สอน วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการตีความและสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ (2558) ได้ศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยก่อนการทดลองทำการศึกษาแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MIS 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้าหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MIS กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัยที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 1 ห้องเรียน มี 29 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ (1) แบบทดสอบมโนมติเรื่องเคมีไฟฟ้า (2) แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติเรื่องเคมีไฟฟ้าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นทุกมโนมติ (2) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับดี

นิภาภรณ์ จันทะโยธา (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ศึกษาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์เป็นชนิดคำถามปลายเปิด เรื่องของแข็ง ของเหลวและแก๊ส และวัดการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบการสร้างแบบจำลองก่อนทำการทดลองและหลังทำการทดลอง และใช้เครื่องมือชนิดคำถามปลายเปิดมาวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 1 เดือน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น มีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีมโนมติของนักเรียนได้ดีแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้

สุรชิต ชูแสง (2559) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้มโนภาพพลวัต เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และแนวคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้มโนภาพพลวัต กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 25 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง บันทึกการสังเกตการปฏิบัติการสอนของผู้วิจัย อนุทินสะท้อนความคิดของผู้วิจัย บันทึกการนิเทศของครูพี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์ อนุทินของนักเรียนและผลงานของนักเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนมากที่สุดในเรื่อง ชนิดของพันธะ อย่างไรก็ตามนักเรียนส่วนหนึ่งยัง มีแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยเฉพาะในเรื่อง เรโซแนนซ์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

วรวัฒน์ ศีลบุตร (2560) ได้ศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ในการพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 36 คน เครื่องมือในการประเมินผลได้แก่ แบบวัดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล แบบสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบบันทึกหลังสอนของผู้สอน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกประเด็นศึกษา ประเด็นหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี มีแนวคิดถูกต้องพัฒนาขึ้นสูงที่สุด และแนวคิดไม่ถูกต้องปรับลดลงในทุกประเด็นศึกษา ประเด็นหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ มีแนวคิดไม่ถูกต้องปรับลดลงมากที่สุด

กวิน นวลแก้ว และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2561) ศึกษาการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง โครงสร้างที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สของคนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คนของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษในกรุงเทพมหานครโดยใช้ แบบแผนการวิจัย one–group pretest–posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (18.69 $\pm$ 3.94) สูงกว่าก่อนเรียน (8.77 $\pm$ 2.84) และมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (= 0.47) เมื่อพิจารณามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้นหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ธีรตา ชาติวรรณ (2561) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง และเพื่อศึกษาผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เมื่อจัดการ

เรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องพันธะโควาเลนต์ กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ชิ้นงานนักเรียน และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์(43.99%) รองลงมาอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (20.79%) หลังจากการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ทั้ง 3 หัวข้อย่อย(54.35%) รองลงมามีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (29.78%) สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้

วัลลภ ปริญทองและประสาท เนืองเฉลิม (2563) ได้พัฒนาทักษะการสรางแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรดและเบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรูแบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมายที่ใชในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใชในการวิจัย ได้แก แผนการจัดการเรียนรูวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด – เบส จำนวน 8 แผน แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดทักษะในการสรางแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบวา เมื่อนำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑที่กำหนดระดับดี จัดอยู่ในชวงคะแนน 21–28 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบวา นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑที่กำหนดระดับดีและนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ คิดเป็นร้อยละ 45.45 วงจรปฏิบัติการที่ 2 พบวา นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑที่กำหนด

5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Mala and Justi (2009) ได้ศึกษาการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องสมดุลเคมีทำการวิจัยกับนักเรียนอายุ 14-15 ปี โดยมีคำถามในงานวิจัยครั้งนี้ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยพัฒนากระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนให้มีคุณภาพ เรื่อง สมดุลเคมี ได้อย่างไร โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะเน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมา ประเมินแบบจำลอง และปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ คือ 1) งานของนักเรียนที่สร้างขึ้นมา 2) บันทึก VDO เพื่อดูพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัย พบว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองสามารถช่วยพัฒนากระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนให้มีคุณภาพ

Mendonca and Justi (2010) ได้ศึกษาการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องพันธะไอออนิก สำหรับนักเรียนอาย 16-18 ปี จำนวนทั้งหมด 32 คน คำถามวิจัย คือ การจัดการเรียนรู้โดย

ใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับพันธะไอออนิกได้อย่างไร ซึ่งมีเครื่องมือ ดังต่อไปนี้ 1) ผลงานของนักเรียน 2) แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมา 3) แบบทดสอบเรื่องพันธะไอออนิก 4) VDO 5) แบบบันทึกการสังเกต ผลการวิจัย พบว่า กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นสามารถพัฒนาการเรียนรู้เรื่องพันธะไอออนิกได้

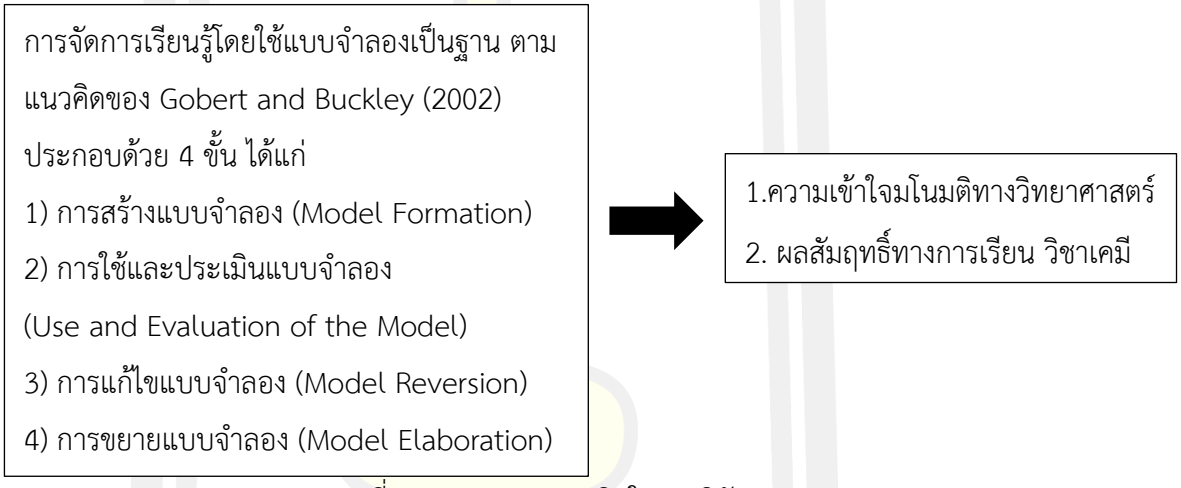
Esra Bilal and Mustafa Erol (2012) ได้ศึกษาผลของการสอนโดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้า ตัวแปรตามการวิจัยคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในแนวคิด วัดโดยใช้การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้าและแบบทดสอบไฟฟ้าพื้นฐาน ในการวัดความเข้าใจในแนวคิดใช้การทดสอบแนวคิดไฟฟ้า มีนักเรียนเข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 41 คน นักเรียน 21 คนอยู่ในกลุ่มที่ใช้แบบจำลอง และนักเรียน 20 คนอยู่ในกลุ่มควบคุม มีรูปแบบงานวิจัยเป็นแบบ Pre Test-Post Test พบว่า การสอนด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองช่วยเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในแนวคิดได้

Barak and Hussein-Farraj (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การจำลองเพื่อพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนโดยมีนักเรียนเกรด 12 จำนวน 175 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง, กลุ่มที่ครูเป็นผู้สาธิต และกลุ่มที่เรียนตามปกติที่ใช้หนังสือเรียน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ 1) แบบวัดแนวคิดเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนที่มีลักษณะเป็นแบบคำถามปลายเปิด 2) แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่เป็นการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การจำลองสามมิติสามารถพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนได้ และสามารถประยุกต์ความรู้เพื่อตอบคำถามในทางเคมีได้อีกด้วย และการที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองสามารถทำให้นักเรียนมีทักษะด้านการคิดสูงกว่ากลุ่มอื่น

Huanhuan Lu,Yanxia Jiang and Hualin Bi (2020) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง ในการแก้ปัญหา เรื่อง เซลล์กัลวานิก ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รูปแบบงานวิจัยแบบกึ่งทดลอง โดยตัวแปรอิสระของการวิจัยคือวิธีการสอน กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนจำนวน 45 คน ได้รับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง และกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนจำนวน 48 คนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ตัวแปรตามคือระดับประสิทธิภาพของความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องเซลล์กัลวานิกของนักเรียน ซึ่งประเมินโดยใช้เครื่องมือประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องเซลล์กัลวานิก ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความชำนาญในการแก้ปัญหาเซลล์กัลวานิกมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ผลการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างช่วยในการอธิบายบทบาทของการสอนแบบจำลองในการปรับปรุงความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน และนักเรียนในชั้นเรียนทดลองมีมุมมองเชิงบวกต่อการสอนแบบจำลอง

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีบทบาทในการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้ในวิชาเคมีซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน ดังนั้น กระบวนการเรียนรู้จะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกสร้างแบบจำลองขึ้นมาด้วยตนเองจากความรู้เดิมที่มีอยู่ แล้วนำแบบจำลองไปใช้และประเมินผล รวมทั้งตรวจสอบแบบจำลองกับหลักฐานเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

6.กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง แก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
4. วิธีการสร้างเครื่องมืองานวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.รูปแบบการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณซึ่งเป็นการวิจัยแบบก่อนการทดลอง (pre-experimental research) ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวทดสอบหลังเรียน (one-group posttest only design) โดยออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีการวัดผลหลังการจัดการเรียนรู้ ดังรูปแบบที่แสดงดังนี้

ตารางที่ 4 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

จากแบบแผนการวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

2.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 4 ห้อง 116 คน จากโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนทั้งหมดเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 30 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้แบบออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง แก๊ส

3.2. เครื่องที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย

3.2.1 แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

3.2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. วิธีการสร้างเครื่องมืองานวิจัย

4.1 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส จำนวน 10 แผน โดยได้วางแผนการดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และศึกษารายละเอียดของเนื้อหาเรื่อง แก๊ส จากหนังสือคู่มือครูและหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

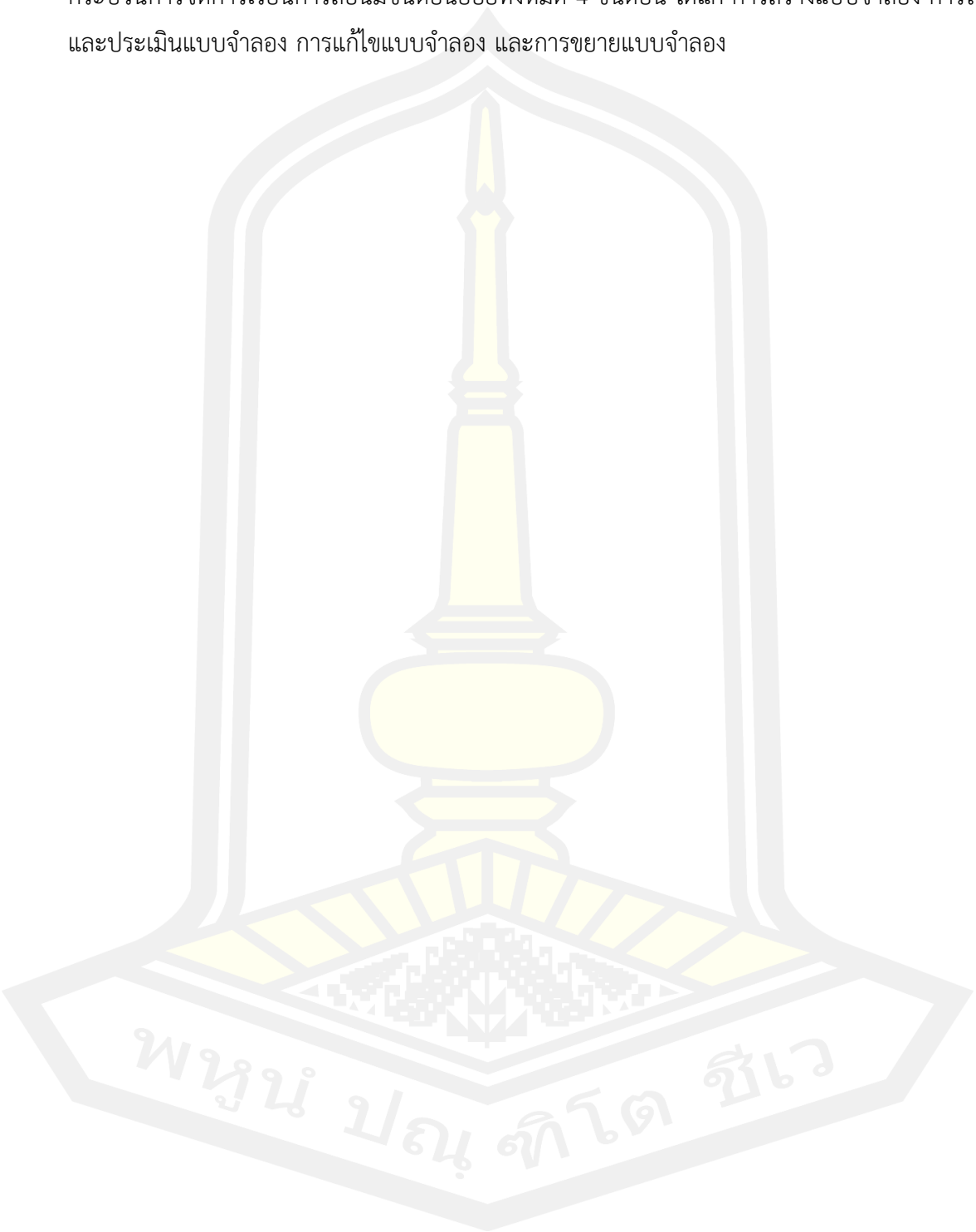
2. ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

3. ศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์กับการจัดการเรียนรู้แบบแบบจำลองเป็นฐาน

4. กำหนดแนวคิดที่จะศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อประกอบการเรียนรู้ รวมทั้งสร้างเกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยพิจารณาให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา มาตรฐานและตัวชี้วัด และแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ มาตรฐานและตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระ

การเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และสื่อประกอบการเรียนรู้ สำหรับกระบวนการจัดการเรียนการสอนมีขั้นตอนย่อยทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การใช้และประเมินแบบจำลอง การแก้ไขแบบจำลอง และการขยายแบบจำลอง



ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แก๊ส กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
1.อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์– ลูสแซก	กฎของบอยล์	กฎของบอยล์ เมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตร(V) จะแปรผกผันกับความดัน (P) สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $V \propto \frac{1}{P}$ $V = \text{ค่าคงที่} \times \frac{1}{P}$ $PV = \text{ค่าคงที่}$ จากความสัมพันธ์ กฎของบอยล์ สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรือความดันของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $P_1V_1 = P_2V_2$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของบอยล์ (K) 2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส (P) 3. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของบอยล์ (P) 4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส (P) 5.นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	1	แบบจำลองรูปภาพแสดงหลอดฉีดยาและอนุภาคของแก๊สขณะดึงและกดหลอดฉีดยาซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
1.อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์– ลูสแซก	กฎของชาร์ล	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวินจะได้จุดคัดแกนของกราฟที่ 0 เคลวินและอัตราส่วนระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สในหน่วยเคลวินได้ค่าคงที่ ดังนั้นปริมาตร(V)จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ เรียก กฎของชาร์ล สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $V \propto T$ $V = \text{ค่าคงที่} \times T$ $VT = \text{ค่าคงที่}$ จากความสัมพันธ์ กฎของชาร์ล สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆตามกฎของชาร์ล(K) 2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส(P) 3. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆตามกฎของชาร์ล (P) 4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส (P) 5. นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมีความใฝ่เรียนรู้ (A)	2	แบบจำลองรูปภาพแสดงฟิล์มบางที่เกิดจากน้ำยาล้างจาน ขวดพลาสติกและอนุภาคของแก๊สที่บรรจุน้ำร้อนและน้ำเย็นซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
1.อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์– ลูสแซก	กฎของเกย์-ลูสแซก	เมื่อปริมาตรและจำนวนโมลคงที่ อัตราส่วนความดันต่ออุณหภูมิในหน่วยเคลวินเป็นค่าคงที่ ดังนั้น ความดัน(P) แปรผันตรงกับอุณหภูมิ(T) ในหน่วยเคลวิน ความสัมพันธ์นี้เรียกว่า กฎของเกย์- ลูสแซก ซึ่งเขียนแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $P \propto T$ $P = \text{ค่าคงที่} \times T$ $\frac{P}{T} = \text{ค่าคงที่}$ จากความสัมพันธ์ กฎของเกย์-ลูสแซก สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ความดันและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของเกย์-ลูสแซก (K) 2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊ส (P) 3. นักเรียนสามารถคำนวณความดันและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของเกย์-ลูสแซก (P) 4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊ส (P) 5. นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมีความใฝ่เรียนรู้ (A)	1	แบบจำลองรูปภาพแสดงภาชนะ 2 ภาชนะบรรจุแก๊สในปริมาณที่เท่ากัน มีการเพิ่มและลดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของแก๊ส

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
2. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊ส ที่ภาวะต่างๆ ตามกฎรวมแก๊ส	กฎรวมแก๊ส	เมื่อรวมกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซกจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้ $V \propto \frac{T}{P}$ $V = \frac{T}{P} \times$ ค่าคงที่ $\frac{PV}{T} =$ ค่าคงที่ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิเรียกว่า กฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิตามกฎรวมแก๊ส (K) 2. นักเรียนคำนวณปริมาตร ความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส (P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองสัญลักษณ์แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิ (P) 4. นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมีความใฝ่เรียนรู้ (A)	1	แบบสัญลักษณ์แสดงการรวมความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรความดันและอุณหภูมิของแก๊สจากกฎของบอย กฎของชาร์ลและกฎของเกเกย์-ลูสแซก

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สจากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ	กฎของอาโวกาโดร	กฎของอาโวกาโดร กล่าวว่า เมื่อความดันและอุณหภูมิของแก๊งคงที่ ปริมาตร(V) จะแปรผันตรงกับจำนวนโมล(n) เขียนแทนสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $V \propto n$ ความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตร หรือจำนวนโมลของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และจำนวนโมล (K) 2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลและปริมาตรของแก๊ส (P) 3. นักเรียนคำนวณปริมาตรหรือจำนวนโมล ของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎอาโวกาโดร (P) 4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลและปริมาตรของแก๊ส (P) 5. นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกันภายในกลุ่มและมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	2	แบบจำลองรูปภาพแสดงขนาดลูกโป่งที่ครอบบีกเกอร์ที่บรรจุ $NaHCO_3$ ต่างกันจำนวน 3 ใบ ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลและปริมาตรของแก๊ส

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สจากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ	กฎแก๊สอุดมคติ	กฎแก๊สอุดมคติ ที่ STP ผลคูณของปริมาตรกับความดันเท่ากับผลคูณของจำนวนโมล ค่าคงที่ของแก๊สและอุณหภูมิ สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้ $PV = nRT$ เมื่อค่าคงที่ของแก๊ส(R) เท่ากับ 0.0821 $L.atm.mol^{-1}.K^{-1}$ หรือ 8.314 $m^3.Pa.mol^{-1}.K^{-1}$ หรือ 8.314 $J.mol^{-1}.K^{-1}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลและมวลของแก๊สโดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎแก๊สอุดมคติ (K) 2.นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลและมวลของแก๊ส โดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎแก๊สอุดมคติ (P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองสัญลักษณ์แสดงถึงความสัมพันธ์ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลและมวลของแก๊ส (P) 4. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน และรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย (A)	2	แบบสัญลักษณ์แสดงการรวมความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สจากกฎรวมแก๊สและกฎอาโวคาโด

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
4. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊ส ในแก๊สผสมโดยใช้กฎความดันย่อยของ ดอลตัน	กฎความดันย่อยของดอลตัน	“ความดันรวมของแก๊สผสมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความดันที่แก๊สแต่ละชนิดทำให้เกิดขึ้น” $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_i$ ซึ่งจากกฎแก๊สอุดมคติจะได้ความดันรวมของแก๊สผสมกับจำนวนโมลของแก๊สได้ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและปริมาตรคงที่ ความดันของแก๊สผสมจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนโมลของแก๊ส สามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้ $P_{total} = \frac{n_1RT}{V} + \frac{n_2RT}{V} + \frac{n_2RT}{V} + \dots + \frac{n_iRT}{V} = \frac{(n_1 + n_{2+}n_3 + \cdots + n_i)RT}{V} = \frac{n_{total}RT}{V}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายกฎความดันย่อยของดอลตันได้(K) 2.นักเรียนสามารถคำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน (P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงกฎความดันย่อยของดอลตัน (P) 4. นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	1	แบบจำลองรูปภาพแสดงระบบที่รวม 2 ระบบเข้าด้วยกัน โดยแต่ละระบบบรรจุแก๊สปริมาณที่ต่างกันซึ่งเป็นการแสดงกฎความดันย่อยของดอลตัน
5.อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้	กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมกล่าวไว้ว่า ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จำนวนโมเลกุลของแก๊สที่แพร่ผ่านต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรืออัตราการแพร่ผ่านของแก๊สแปรผกผันกับรากที่สองของมวลต่อโมล เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้	1. นักเรียนสามารถอธิบายอธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส(K) 2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาการแพร่ของแก๊ส (P)	2	แบบจำลองรูปภาพแสดงหลอดแก้วยาวที่ปิดปากด้วยสำลี ที่จุมสารละลาย NH_3 และ HCl NH_3 และ HCl จะระเหย

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม		$r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$	3. นักเรียนคำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊สโดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม (P) 4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงการแพร่ของแก๊ส (P) 5. นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมุ่งมั่นในการทำงาน (A)		ไปเป็นแก๊สและแพร่ภายในหลอด เมื่อแก๊สทั้งสองชนิดแพร่มาบรรจบกันจะเกิดงแหวนสีขาวเกิดขึ้น วงแหวนสีขาวนี้จะเกิดขึ้นภายในหลอด
5.อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส กล่าวไว้ว่า 1. แก๊สประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมาก ปริมาตรของอนุภาตเหล่านั้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ 2. อนุภาคแก๊สอยู่ห่างกันมากและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยมากจนถือว่าได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน 3.แก๊สแต่ละอนุภาคเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทิศทางที่ไม่แน่นอนด้วยอัตราเร็วคงที่ที่แตกต่างกันจึงมีพลังงานจลน์ไม่เท่ากัน เมื่อเกิดการชนกัน	1. นักเรียนสามารถอธิบายกฎต่าง ๆ ของแก๊ส โดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส(K) 2. นักเรียนการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลเกี่ยวกับกฎต่าง ๆ ของแก๊ส โดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส(P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางคำพูดแสดงถึงทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (P) 4. นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	1	แบบจำลองแบบคำพูดบรรยายพฤติกรรมของแก๊สเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ความดัน อุณหภูมิหรือจำนวนโมลในการอธิบายกฎต่าง ๆ ของแก๊ส

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
		จะมีการถ่ายเทพลังงานให้แก่กันโดยไม่มีการสูญเสียพลังานจลน์รวม ทำให้พลังานจลน์เฉลี่ยนมีค่าคงที่ 4.พลังานจลน์เฉลี่ยของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเท่านั้น โดยไม่ขึ้นกับชนิดของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊สที่ชนิดมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น จึงทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเพิ่มขึ้น			
6.สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบาย การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหา ในชีวิตประจำวันและใน	การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส	จากการศึกษาสมบัติของแก๊ส สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน หรือในกระบวนการอุตสาหกรรมได้ เช่น การทำขนมฟู ป๊อบคอนจากเมล็ดข้าวโพด การแยกไอโซโทปยูเรเนียม เป็นต้น และยังมีปรากฏการณ์อื่น ๆ เช่น อาการ หูอื้อเมื่อขึ้นไปอยู่บนที่สูง การพ่นสารออกจากกระป๋องสเปรย ท่าการช่วยให้อาหารที่ติดในหลอดลม เป็นต้น	1. นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ และยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับแก๊สและสมบัติของแก๊สไปใช้ประโยชน์(K) 2. นักเรียนสืบค้น และสื่อความหมายข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ และตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับแก๊สและสมบัติของแก๊สไปใช้ประโยชน์(P) 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงปรากฏการณ์เกี่ยวกับ	2	แบบจำลองรูปภาพแสดงเมล็ดข้าวโพดเมื่อถูกความร้อนซึ่งเป็นการใช้ความรู้จากกฎต่างๆอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แบบจำลอง
อุตสาหกรรม			แก๊สและสมบัติของแก๊สไปใช้ประโยชน์ (P) 4.นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมุ่งมั่นในการทำงาน (A)		
รวมทั้งหมด				15	

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องขององค์ประกอบแต่ละส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องนิยามศัพท์เฉพาะ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ ปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสาระสำคัญ ปรับกิจกรรมการสร้างแบบจำลองให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. จากนั้นจึงส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณาความตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล การใช้ภาษาและลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานวิจัย

2. รองศาสตราจารย์มนตรี วงษ์สะพาน กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

3. อาจารย์มังกร ศรีสะอาด วท.ด. (เคมี) อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

4. นายโสภณ นาตรีชน กศ.ม. (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบัวขาว สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดกาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

5. นางวรีวรรณ ทวีบท กศ.ม. (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

7. ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำผลการประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญการมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ซึ่งมี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) และเปรียบเทียบเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อยู่ในช่วง 4.30-4.47 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.15-0.28 ซึ่งหมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมมาก

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วไปปรับปรุงตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา เสนอสถานการณ์ให้ละเอียดและชัดเจนมากยิ่งขึ้น การใช้คำถามของครูในการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ควรเป็นคำถามที่กระชับ เข้าใจง่าย เป็นขั้นตอนให้ชัดเจน

9. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งกำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 29 คน จากโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร พบข้อบกพร่องเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม กิจกรรมที่ใช้ในการสอน การใช้สื่อการสอนและการวัดผลประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องที่พบ แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง

10. นำแผนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4.2 แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส

1. ศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสารและศึกษาหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือ การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและการจัดการเรียนรู้แบบแบบจำลองเป็นฐาน

3. ศึกษาบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง แก๊ส การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส

4. สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และผลการเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบและกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

เนื้อหา	มโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
กฎของบอยล์	กฎของบอยล์ เมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตร (V) จะแปลผกผันกับความดัน(P) เมื่อความดันของแก๊สเพิ่มขึ้น อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่ชนกันเองและชนกับภายชนะเพิ่มขึ้น ซึ่งกันชนกันทำให้เกิดแรงดัน ดังนั้นจะทำให้ความดันนเพิ่มขึ้น ปริมาตรในภาชนะจึงลดลง เนื่องจากอนุภาคอยู่ชิดกันมาก ในทางตรงกันข้ามเมื่อความดันของแก๊สลดลง อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่ชนกันเองและชนกับภายชนะน้อยลง ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคอยู่ห่างกันมากขึ้น สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $$V \propto \frac{1}{P}$$ $$V = \text{ค่าคงที่} \times \frac{1}{P}$$ $$PV = \text{ค่าคงที่}$$ จากความสัมพันธ์ กฎของบอยล์ สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรือความดันของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $$P_1V_1 = P_2V_2$$	2	1
กฎของชาร์ล	กฎของชาร์ล ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน คือ ปริมาตร(V)จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ(T) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนจะทำให้อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น (พลังงานเฉลี่ยมากขึ้น) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกะบภาชนะมากขึ้น ปริมาตรของแก๊สจะขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิลดลง อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่ช้าลง (พลังงานเฉลี่ยลดลง) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกะบภาชนะน้อยลง ปริมาตรของแก๊สจะลดลง สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้	2	1

เนื้อหา	มโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
	$V \propto T$ $V = \text{ค่าคงที่} \times T$ $VT = \text{ค่าคงที่}$ จากความสัมพันธ์ กฎของชาร์ล สามารถเขียนอยู่ในรูปที่ สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$		
กฎของ เกย์– ลูสแซก	กฎของเกย์-ลูสแซก เมื่อปริมาตรและจำนวนโมลคงที่ อัตราส่วนความดันต่ออุณหภูมิในหน่วยเคลวินเป็นค่าคงที่ ดังนั้นความดัน(P) แปรผันตรงกับอุณหภูมิ(T) ในหน่วยเคลวิน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความร้อนจะทำให้อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น (พลังงานเฉลี่ยมากขึ้น) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกะบภาชนะมากขึ้น การชนกันทำให้เกิดความดัน ดังนั้นความดันจึงเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิลดลง อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่ช้าลง (พลังงานเฉลี่ยลดลง) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกับภาชนะน้อยลง ความดันจะลดลง ซึ่งเขียนแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $P \propto T$ $P = \text{ค่าคงที่} \times T$ $\frac{P}{T} = \text{ค่าคงที่}$ จากความสัมพันธ์ กฎของเกย์-ลูสแซก สามารถเขียนอยู่ในรูป ที่สามารถใช้คำนวณความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	2	1
กฎรวมแก๊ส	เมื่อรวมกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซกจะได้ $V \propto \frac{T}{P}$ $V = \frac{T}{P} \times \text{ค่าคงที่}$ $\frac{PV}{T} = \text{ค่าคงที่}$	2	1

เนื้อหา	มโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
	ความสัมพันธ์ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิเรียกว่า กฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตร ความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$		
กฎของอาโวกาโดร	กฎของอาโวกาโดร กล่าวว่า เมื่อความดันและอุณหภูมิของแก๊งคงที่ ปริมาตร(V) จะแปรผันตรงกับจำนวนโมล(n) เขียนแทนสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $$V \propto n$$ ความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตร หรือจำนวนโมลของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้ $$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$	2	1
กฎแก๊สอุดมคติ	กฎแก๊สอุดมคติ ที่ STP ผลคูณของปริมาตรกับความดันเท่ากับผลคูณของจำนวนโมล ค่าคงที่ของแก๊สและอุณหภูมิ สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้ $$PV = nRT$$ เมื่อค่าคงที่ของแก๊ส(R) เท่ากับ 0.0821 L.atm.mol^{-1}.K^{-1} หรือ 8.314 m^3.Pa.mol^{-1}.K^{-1} หรือ 8.314 J.mol^{-1}.K^{-1}	2	1
กฎความดันย่อยของดอลตัน	“ความดันรวมของแก๊สผสมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความดันที่แก๊สแต่ละชนิดทำให้เกิดขึ้น” $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_i$	2	1

เนื้อหา	มโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
	ซึ่งจากกฎแก๊สอุดมคติจะได้ความดันรวมของแก๊สผสมกับจำนวนโมลของแก๊สได้ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและปริมาตรคงที่ ความดันของแก๊สผสมจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนโมลของแก๊ส สามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้ $$P_{total} = \frac{n_{1RT}}{V} + \frac{n_{2RT}}{V} + \frac{n_{2RT}}{V} + \dots + \frac{n_{iRT}}{V}$$ $$= \frac{(n_1 + n_{2+} n_3 + \cdots + n_i)RT}{V}$$ $$= \frac{n_{total}RT}{V}$$		
ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส กล่าวไว้ว่า 1. แก๊สประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมาก ปริมาตรของอนุภาคเหล่านั้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ 2. อนุภาคแก๊สอยู่ห่างกันมากและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยมากจนถือว่าได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน 3.แก๊สแต่ละอนุภาคเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทิศทางที่ไม่แน่นอนด้วยอัตราเร็วคงที่ที่แตกต่างกันจึงมีพลังงานจลน์ไม่เท่ากัน เมื่อเกิดการชนกันจะมีการถ่ายเทพลังงานให้แก่กันโดยไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์รวม ทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยนมีค่าคงที่ 4.พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเท่านั้น โดยไม่ขึ้นกับชนิดของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊สที่ชนิดมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น จึงทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเพิ่มขึ้น	2	1
การแพร่ของแก๊ส	กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมกล่าวไว้ว่า ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จำนวนโมเลกุลของแก๊สที่แพร่ผ่านต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรืออัตราการแพร่ผ่านของแก๊สแปรผกผันกับรากที่สองของมวลต่อโมล เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้ $$r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$$	2	1

เนื้อหา	มโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส	จากการศึกษาสมบัติของแก๊ส สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน หรือในกระบวนการอุตสาหกรรมได้ เช่น การทำขนมฟู ป๊อบคอนจากเมล็ดข้าวโพด การแยกไอโซโทปยูเรเนียม เป็นต้น และยังมีปรากฏการณ์อื่น ๆ เช่น อาการ หูอื้อเมื่อขึ้นไปอยู่บนที่สูง การพ่นสารออกจากกระป๋องสเปรย ท่าการช่วยให้อาหารที่ติดในหลอดลม เป็นต้น	2	1
รวม		20	10

5. จัดทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส จำนวน 20 ข้อ ใช้จริง 10 ข้อ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 อัตนัยแสดงเหตุผลในการเลือกตอบในข้อ ๆ นั้น โดยมีเกณฑ์การแบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด
2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน
3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด
5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

6. นำแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ทีปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังศึกษา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ เขียนคำถามให้ชัดเจน สอดคล้องกับมโนมติในเรื่องนั้นๆ เขียน

คำถามโดยใช้สถานการณ์ใหม่ๆ ไม่ควรถามในสิ่งที่เรียนมาแล้ว เขียนคำชี้แจงการทำแบบทดสอบให้ชัดเจนและกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบให้เหมาะสม

7. นำแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ปรับแก้ไขให้เรียบร้อย จากนั้นจึงส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณาแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมิน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่กำหนด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่กำหนด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่กำหนด

พฤติกรรมที่ชี้วัดถึงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ จึงถือว่าข้อสอบนั้นมีความสอดคล้อง ผลปรากฏว่าข้อสอบมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 สามารถนำไปใช้ได้

ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การประเมินโดยนำผลการประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญการมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ซึ่งมี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) และเปรียบเทียบเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นมีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลปรากฏว่าเกณฑ์การประเมินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ซึ่งหมายถึง เกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมมาก

8. นำแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ ตรวจสอบเนื้อหาให้มีความชัดเจน ถูกต้องและสอดคล้องกับมโนมติ ออกแบบสถานการณ์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การวัด ปรับแก้คำถามเพื่อให้นักเรียนเข้าใจง่ายและครอบคลุมเนื้อหา ปรับภาพให้มีความชัดเจน

9. นำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 29 คน จากโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความยากง่าย ค่าของแบบทดสอบและแนวทางการทำแบบทดสอบของนักเรียน

10. นำผลการทดสอบหาค่าความยากและอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) โดยมีเกณฑ์ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

ผลปรากฏว่า ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ ที่คัดเลือกมาจำนวน 10 ข้อ ค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.59 - 0.76 และอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.38 – 0.62 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.96

11. นำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 30 คน

4.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส

1. ศึกษา หลักการ เอกสารการวัดและประเมินผล กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสารและศึกษาหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม								รวม	
		ความรู้		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
กฎของบอยล์	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของบอยล์	1	1	1	1	-	-	-	-	2	2
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของบอยล์	-	-	-	-	2	1	-	-	2	1
กฎของชาร์ล	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของชาร์ล	-	-	2	1	-	-	-	-	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของชาร์ล	-	-	-	-	1	1	1	1	2	2
กฎของเกย์–ลูสแซก	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ความดันและอุณหภูมิ	1	1	-	-	-	-	2	1	3	2

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม								รวม	
		ความรู้		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
	ของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของเกย์-ลูสแซก										
	นักเรียนสามารถคำนวณความดันและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของเกย์-ลูสแซก	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1
กฎรวมแก๊ส	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิตามกฎรวมแก๊ส	2	1	1	1	-	-	-	-	3	2
	นักเรียนคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1
กฎของอาโวกาโดร	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และจำนวนโมล	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1
	นักเรียนคำนวณปริมาตรหรือจำนวนโมล ของแก๊สที่ภาวะ	-	-	-	-	1	1	2	1	3	2

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม								รวม	
		ความรู้		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
	ต่าง ๆ ตามกฎอาโวกาโดร										
กฎแก๊สอุดมคติ	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล และมวลของแก๊ส โดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎแก๊สอุดมคติ	-	-	2	1	-	-	-	-	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลและมวลของแก๊สโดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎแก๊สอุดมคติ	-	-	-	-	2	2	-	-	2	2
กฎความดันย่อยของดอลตัน	นักเรียนสามารถอธิบายกฎความดันย่อยของดอลตัน	2	1	1	1	-	-	-	-	3	2
	นักเรียนสามารถคำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม								รวม	
		ความรู้		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	นักเรียนสามารถอธิบายอธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	1	1	-	-	2	1	-	-	3	2
	นักเรียนคำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊สโดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	นักเรียนสามารถอธิบายกฎต่าง ๆ ของแก๊ส โดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	1	1	2	1	-	-	1	1	4	3
การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส	นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ และยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับแก๊สและสมบัติของแก๊สไปใช้ประโยชน์	1	1	-	-	1	1	2	1	4	3
รวม		9	7	10	7	10	8	10	7	40	30

4. จัดทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส แบบทดสอบที่เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้จริง 30 ข้อ

5. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้อง ครบถ้วนของเนื้อหา การใช้ภาษา และสอดคล้องกับผลการเรียนรู้รวมทั้งความเหมาะสมของคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังศึกษา โดยมีประเด็นการปรับปรุงแก้ไขดังนี้ ปรับข้อคำถามของแบบทดสอบให้สอดคล้องกับและจุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ปรับคำถามและตัวเลือกให้มีความถูกต้องและชัดเจน ตรวจสอบความถูกต้องของคำ การเว้นวรรคและการใช้ตัวย่อของหน่วย

6. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ปรับแก้ไขให้เรียบร้อย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ตั้งแต่ 0.6 – 1.00 สามารถนำไปใช้ได้

7. ผู้เชี่ยวชาญและปรับปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ โดยมีข้อเสนอแนะ ได้แก่ ปรับข้อคำถามของแบบทดสอบให้มีความชัดเจนมากขึ้น ปรับตัวเลือกในข้อสอบให้มีความกระชับและเข้าใจง่าย และข้อคำนวณควรใช้ตัวเลขที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป ปรับหน่วยของตัวแปรไปในแนวทางเดียวกัน

8. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 29 คน จากโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร เพื่อตรวจหาคุณภาพของแบบทดสอบ

9. นำผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหา

ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B-index) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 ไว้ใช้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) ผลปรากฏว่า เลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.48 – 0.79 และอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.41 – 0.90

10. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี มีค่าเท่ากับ 0.97

11. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 30 คน

5.การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำเก็บข้อมูลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส จำนวน 10 แผน ใช้เวลาสอนจำนวน 15 ชั่วโมง

5.2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองสอนแล้วดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5.3 นำผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.4 จัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากคะแนนแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส และคิดร้อยละจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากจำนวนนักเรียนทั้งหมด

5.5 วิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

6.การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบ ใช้เกณฑ์ความสอดคล้องกับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มของ Westbrook and Marek (1991) ได้แก่

1. กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติ

2. กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่มีบางส่วนที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบาย

4. กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนคลาดเคลื่อนทั้งหมด

5. กลุ่มไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding, NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

ตารางที่ 8 เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส

กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	คำตอบส่วนที่ 1 (ปรนัย 4 ตัวเลือก)	คำตอบส่วนที่ 2 (อธิบายเหตุผลส่วนที่ 1)
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	ถูก	เขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	ถูก	เขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
กลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	ถูก	เขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณคลาดเคลื่อนไม่ตรงกับคำถามหรือคำตอบที่ตอบมาบางส่วน
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	ผิด	เขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณคลาดเคลื่อนทั้งหมด
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	ผิด	ไม่เขียนอธิบายคำตอบ

6.2 ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติ ร้อยละจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากจำนวนนักเรียนทั้งหมด เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลของการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

6.3 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส เกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test for One Sample

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

7.1.1 แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1) หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validly) ของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2nX_{min})}{2n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

S_H แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3) การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบความเข้าใจมโมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ, 2562)

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

S_H แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4) การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach) ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

k แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

5) แบบทดสอบความเข้าใจมโนมิตทางวิทยาศาสตร์หลังจากนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1 ร้อยละ (Percentage) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) *โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้*

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

5.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) *โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้*

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

5.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) *โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้*

$$S.D = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

N แทน จำนวนคนทั้งหมด

$\sum$ แทน ผลรวม

7.1.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

1) หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) *โดยใช้สูตร*

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach) ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

k แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

3) การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ไพศาล วรคำ, *2562*)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบ

R แทน จำนวนคนตอบถูก

N แทน จำนวนคนทั้งหมด

4) การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของเบรนแนน (Brennan) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

U แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

L แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

n_1 แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)

n_2 แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

7.2 สถิติทดสอบสมมติฐาน

7.2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติ One Sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}, \text{ df = n-1}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์ 2) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัยและการอภิปรายผลตามลำดับสาระสำคัญดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอปลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เข้าใจตรงกันดังนี้

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t แทน ค่าสถิติทดสอบที แบบ One Sample

df แทน ขั้นของความอิสระ

p แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

μ0 แทน ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์

2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์

โดยผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ออกเป็นมโนมติย่อยจำนวน 10 มโนมติ ได้แก่ มโนมติ เรื่อง กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก กฎรวมแก๊ส กฎของอาโวกาโดร กฎแก๊สอุดมคติ กฎความดันย่อยของดอลตัน ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมของแก๊สและการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มโนมติละ 1 ข้อ เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบ ใช้เกณฑ์ความสอดคล้องกับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์การจัดกลุ่มของ Westbrook and Marek แล้วนำมาคำนวณจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจในแต่ละกลุ่ม รวมวิเคราะห์ถึงความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ๆ ว่านักเรียนมีความเขาใจอย่างไร ได้ผลการวิจัยดังนี้

มโนมติย่อยที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์

กฎของบอยล์ เมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตร (V) จะแปลผกผันกับความดัน (P) เมื่อความดันของแก๊สเพิ่มขึ้น อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่ชนกันเองและชนกับภาชนะเพิ่มขึ้น ซึ่งกันชนกันทำให้เกิดแรงดัน ดังนั้นจะทำให้ความดันเพิ่มขึ้น ปริมาตรในภาชนะจึงลดลงเนื่องจากอนุภาคอยู่ชิดกันมาก ในทางตรงกันข้ามเมื่อความดันของแก๊สลดลง อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่ชนกันเองและชนกับภาชนะน้อยลง ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคอยู่ห่างกันมากขึ้น สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$V = \text{ค่าคงที่} \times \frac{1}{P}$$

$$PV = \text{ค่าคงที่}$$

จากความสัมพันธ์ กฎของบอยล์ สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรือความดันของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

ข้อสอบ เพราะเหตุใดถุงขนมขมเคี้ยวที่ยังไม่เปิด เมื่อนำขึ้นไปบนภูเขาถุงพองและเต่งขึ้นมากกว่าเมื่อตอนที่อยู่บนพื้นราบ

ก. บนภูเขามีความดันสูง ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ข. บนภูเขามีความดันต่ำ ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ค. บนภูเขามีจำนวนแก๊สมาก ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ง. บนภูเขามีจำนวนแก๊สน้อย ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

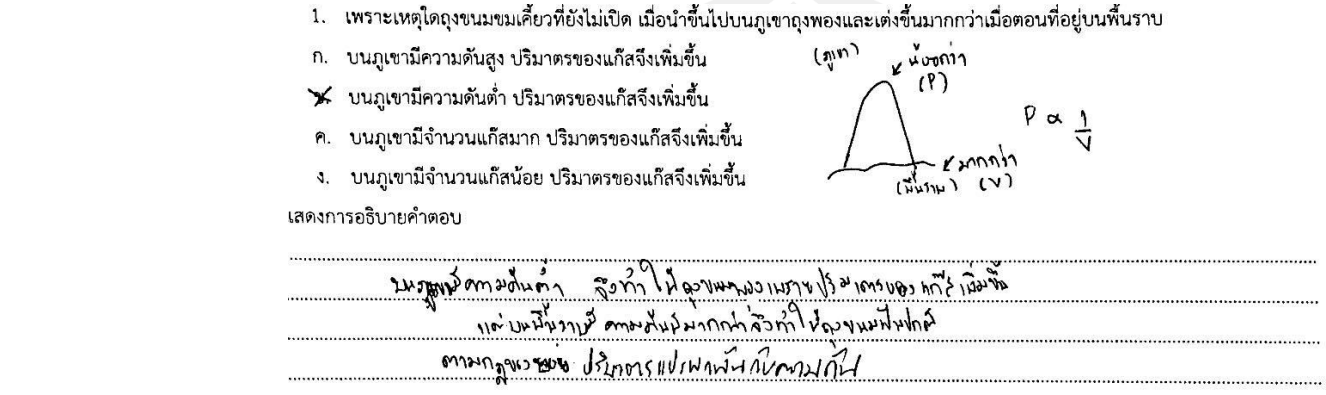
ตารางที่ 9แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของบอยล์

กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	6	20.00
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	17	56.67
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	7	23.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 9 พบว่านักเรียนร้อยละ 20.00 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎของบอยล์ โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามกฎของบอยเมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตร (V) จะแปลผกผันกับความดัน (P) ซึ่งสามารถอธิบายถึงขนมขมเคี้ยวที่ยังไม่เปิด คือ เมื่อนำขึ้นไปบนภูเขาถุงพองและเต่งขึ้นมากกว่าเมื่อตอนที่อยู่บนพื้นราบเนื่องจากบนภูเขามีความดันที่สูงทำให้ถุงขนมขบเคี้ยวมีปริมาตรของแก๊สมากกว่าปกติ ถุงขนมจึงพอง นักเรียนร้อยละ 56.67 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎ อธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและความดันหรืออธิบายความสัมพันธ์ของของปริมาตรและความดันกับสถานการณ์ได้ยังไม่ชัดเจน เช่น เป็นไปตามกฎของบอย ปริมาตรแปรผกผันกับความดัน, บนภูเขาความดันน้อย ทำให้ถุงขนมมีปริมาตรอากาศมากทำให้พอง,ที่สูงความดันน้อย ปริมาตรแก๊สในถุงขนมมากเป็นไปตามกฎของบอย เป็นต้น ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุมนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 23.33 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎ อธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและความดันหรืออธิบายความสัมพันธ์ของของปริมาตรและความดันกับสถานการณ์ได้น้อยหรือผิดพลาดบางส่วน เช่น ที่สูงความดันต่ำ ปริมาตรมาก, เป็นไปตามกฎของบอย เป็นต้น ดังตัวอย่าที่ปรากฏในภาพที่ 3-5

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎของบอยล์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


1. เพราะเหตุใดถุงขนมขมเคี้ยวที่ยังไม่เปิด เมื่อนำขึ้นไปบนภูเขาถุงพองและเต่งขึ้นมากกว่าเมื่อตอนที่อยู่บนพื้นราบ

ก. บนภูเขามีความดันสูง ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

✗ บนภูเขามีความดันต่ำ ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ค. บนภูเขามีจำนวนแก๊สมาก ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ง. บนภูเขามีจำนวนแก๊สน้อย ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

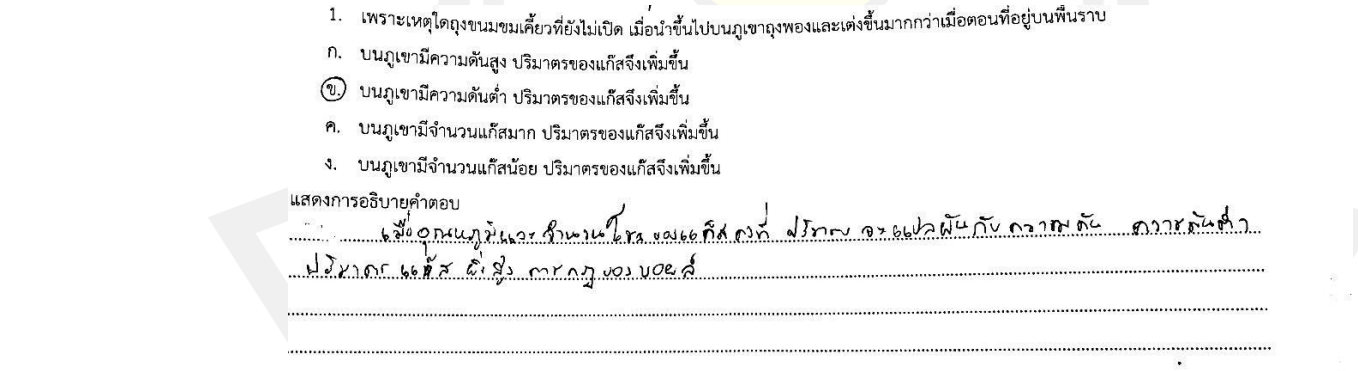
เสดงการอธิบายคำตอบ

บนภูเขาความดันต่ำ สิ่งทำให้ถุงพองเพราะปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น
แต่บนพื้นราบมีความดันมากกว่าสิ่งทำให้ถุงขนมฟีบปกติ
ตามกฎของบอยล์ ปริมาตรแปรผกผันกับความดัน

ภาพที่ 3 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1)

จากภาพที่ 3 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์ได้ว่าเป็นไปตามกฎของบอยด์ ปริมาตรแปรผกผันกับความดัน บนที่สูงมีความดันต่ำจึงทำให้ถุงขนมพองเพราะปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้นและบนพื้นที่ราบความดันมีมากกว่าจึงทำให้ถุงขนมปกติ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


1. เพราะเหตุใดถุงขนมขมเคี้ยวที่ยังไม่เปิด เมื่อนำขึ้นไปบนภูเขาถุงพองและเต่งขึ้นมากกว่าเมื่อตอนที่อยู่บนพื้นราบ

ก. บนภูเขามีความดันสูง ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ข. บนภูเขามีความดันต่ำ ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ค. บนภูเขามีจำนวนแก๊สมาก ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ง. บนภูเขามีจำนวนแก๊สน้อย ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

เสดงการอธิบายคำตอบ

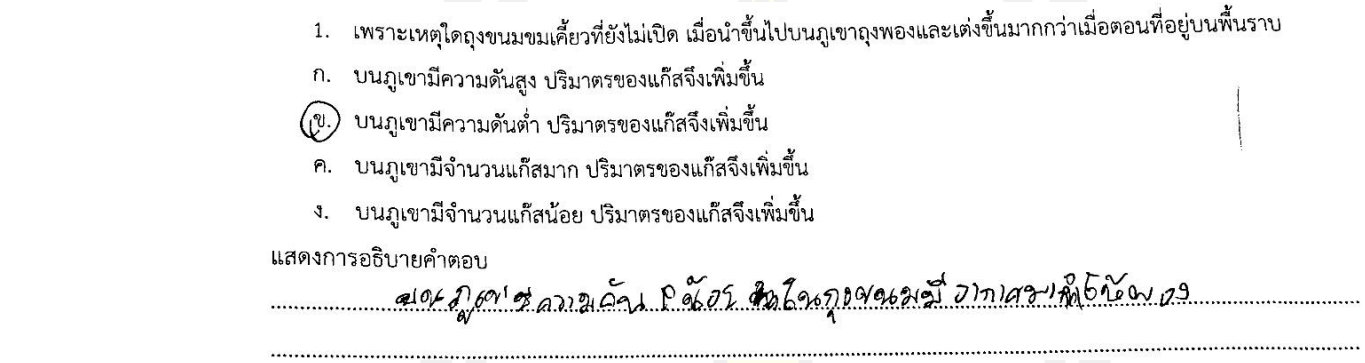
เมื่อถุงขนมขึ้นเขาจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตรจะแปลผันกับความดัน ความดันต่ำ
ปริมาตรแก๊สก็สูง ตามกฎของบอยล์

ภาพที่ 4 ตัวอย่างของนักเรียนความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1)

จากภาพที่ 4 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถระบุความสัมพันธ์ตามกฎของ

บอยล์ได้และอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและความดันได้แต่ไม่สามารถอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับกฎของบอยล์อย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


1. เพราะเหตุใดถุงขนมขบเคี้ยวที่ยังไม่เปิด เมื่อนำขึ้นไปบนภูเขาถุงพองและเต่งขึ้นมากกว่าเมื่อตอนที่อยู่บนพื้นราบ

ก. บนภูเขามีความดันสูง ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

(ข.) บนภูเขามีความดันต่ำ ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ค. บนภูเขามีจำนวนแก๊สมาก ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

ง. บนภูเขามีจำนวนแก๊สน้อย ปริมาตรของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น

แสดงการอธิบายคำตอบ

.....

.....

ภาพที่ 5 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 1)

จากภาพที่ 5 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับกฎของบอยล์ได้ แต่ไม่สามารถระบุกฎและอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและความดัน ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

มโนมติย่อยที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล

กฎของชาร์ล ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน คือ ปริมาตร(V) จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ(T) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนจะทำให้อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น (พลังงานเฉลี่ยมากขึ้น) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกะบภาชนะมากขึ้น ปริมาตรของแก๊สจะขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิลดลง อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่ช้าลง (พลังงานเฉลี่ยลดลง) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกะบภาชนะน้อยลง ปริมาตรของแก๊สจะลดลง สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V \propto T$$

$$V = \text{ค่าคงที่} \times T$$

$$VT = \text{ค่าคงที่}$$

จากความสัมพันธ์ กฎของชาร์ล สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

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

ข้อสอบ วิธีแก้ลูกปิงปองบุบให้กลับมาใช้ได้ตามเดิม ทำได้อย่างไร

ก. กลิ้งกับพื้น ข. โยนกระทบพื้น

ค. แช่ในน้ำเย็น ง. แช่ในน้ำร้อน

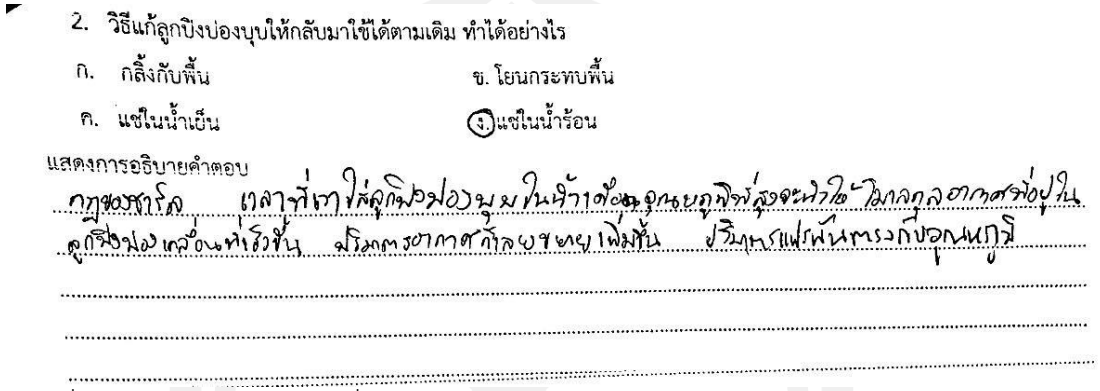
ตารางที่ 10 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของชาร์ล

กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	4	13.33
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	20	66.67
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	6	20.00
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 10 พบว่านักเรียนร้อยละ 13.33 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎของชาร์ล โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามกฎของชาร์ลเมื่อความดันและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตร (V) จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ (T) ซึ่งสามารถอธิบาย วิธีแก้ลูกปิงปองบุบให้กลับมาใช้ได้ตามเดิม โดยใช้ความสัมพันธ์ของปริมาตรและอุณหภูมิตามกฎของชาร์ล ว่า การที่ลูกปิงปองบุบเมื่อนำไปแช่ในน้ำร้อน น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ให้อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น (พลังงานเฉลี่ยมากขึ้น) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกะบภาชนะมากขึ้น ปริมาตรของแก๊สจะขยายตัวเพิ่มมากขึ้น นักเรียนร้อยละ 66.67 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎ อธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและปริมาตหรืออธิบายความสัมพันธ์ของของอุณหภูมิและปริมาตรกับสถานการณ์ได้ยังไม่ชัดเจน เช่น กฎของชาร์ล T สูง V สูง ,อุณหภูมิสูง (T) ปริมาตรมาก (V) เป็นไปตามกฎของชาร์ล, จากกฎของชาร์ล ปริมาตรแปรผันตรงกับอุณหภูมิ เป็นต้น ทำใหมโนมติของนักเรียนกลุมนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 16.67 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎ อธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและปริมาตหรืออธิบายความสัมพันธ์ของของอุณหภูมิและปริมาตรกับสถานการณ์ได้น้อยหรือผิดพลาดบางส่วน เช่น เป็นไปตามกฎของชาร์ล, จะทำให้ข้างในลูกปิงปองร้อนอุณหภูมิมากขึ้น ปริมาตรดันออก เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 6-8

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎของชาร์ล

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


2. วิธีแก้ลูกปิงปองบุบให้กลับมาใช้ได้ตามเดิม ทำได้อย่างไร

ก. กลิ้งกับพื้น ข. โยนกระทบพื้น

ค. แช่ในน้ำเย็น ง. แช่ในน้ำร้อน

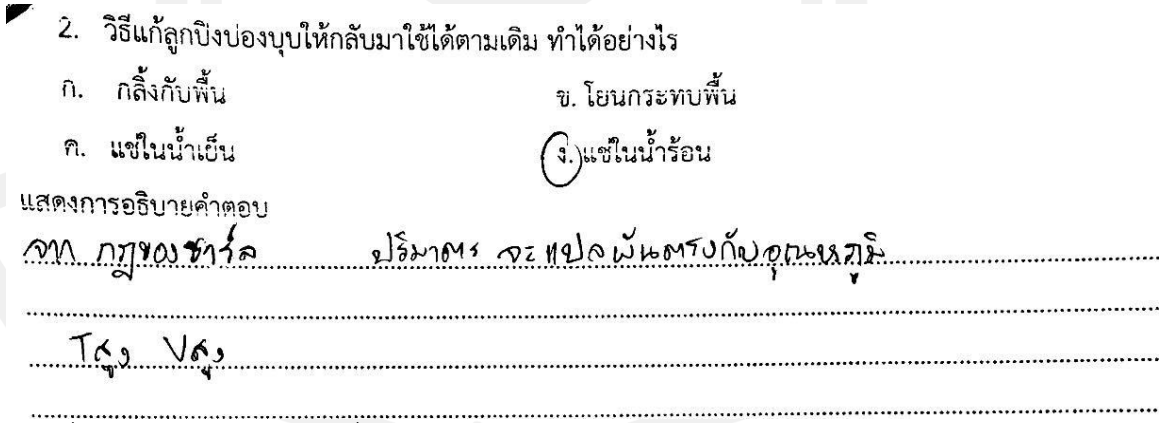
แสดงการอธิบายคำตอบ

กฎของชาร์ล เวลาที่เราใส่ลูกปิงปองบุบในน้ำร้อนอุณหภูมิสูงจะทำให้โมเลกุลอากาศข้างในลูกปิงปองเคลื่อนที่เร็วขึ้น ปริมาตรอากาศก็ลยขยายเพิ่มขึ้น ปริมาตรแปรผันตรงกับอุณหภูมิ

ภาพที่ 6 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2)

จากภาพที่ 6 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์ได้ว่าเป็นไปตามกฎของชาร์ล ปริมาตรแปรผันตรงกับอุณภูมิ เวลาที่เราใสลูกปิงปองในน้ำเดือดอุณหภูมิที่สูงจะทำให้โมเลกุลอากาศที่อยู่ในลูกปิงปองเคลื่อนที่เร็วขึ้น ปริมาตรอากาศก็เลยขยายเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


2. วิธีแก้ลูกปิงปองบุบให้กลับมาใช้ได้ตามเดิม ทำได้อย่างไร

ก. กลิ้งกับพื้น ข. โยนกระทบพื้น

ค. แช่ในน้ำเย็น ง. แช่ในน้ำร้อน

แสดงการอธิบายคำตอบ

จาก กฎของชาร์ล ปริมาตร จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ

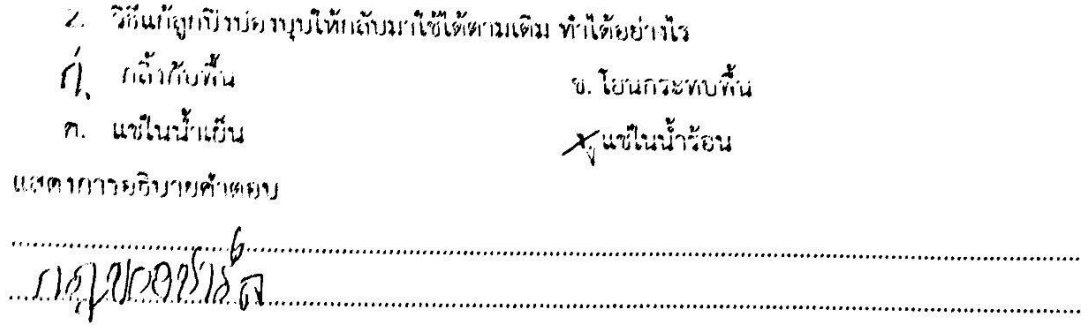
ไกล ไกล

ภาพที่ 7 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2)

จากภาพที่ 7 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถระบุความสัมพันธ์ตามกฎของชาร์ล

ได้และอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและอุณหภูมิได้แต่ไม่สามารถอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับกฎของชาร์ลอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)



ภาพที่ 8 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 2)

จากภาพที่ 8 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถระบุสถานการณ์เป็นไปตามกฎของชาร์ลได้ แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและอุณหภูมิและอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับกฎของชาร์ลอย่างไรได้ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

มโนมติย่อยที่ 3 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก

กฎของเกย์-ลูสแซก เมื่อปริมาตรและจำนวนโมลคงที่ อัตราส่วนความดันต่ออุณหภูมิในหน่วยเคลวินเป็นค่าคงที่ ดังนั้นความดัน (P) แปรผันตรงกับอุณหภูมิ (T) ในหน่วยเคลวิน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความร้อนจะทำให้อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น (พลังงานเฉลี่ยมากขึ้น) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกะบภาชนะมากขึ้น การชนกันทำให้เกิดความดัน ดังนั้นความดันจึงเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิลดลง อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่ช้าลง (พลังงานเฉลี่ยลดลง) ทำให้เกิดการชนกันเองและชนกับภาชนะน้อยลง ความดันจะลดลง ซึ่งเขียนแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$P \propto T$$

$$P = \text{ค่าคงที่} \times T$$

$$\frac{P}{T} = \text{ค่าคงที่}$$

จากความสัมพันธ์ กฎของเกย์-ลูสแซก สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

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

ข้อสอบ วางกระป๋องสเปย์ไว้ใกล้ความร้อนอาจเกิดการระเบิดได้ เพราะเหตุใด

ก.เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จำนวนโมลเพิ่มขึ้น

ข.เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันเพิ่มขึ้น

ค.เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรลดลง

ง.เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันลดลง

ตารางที่ 11 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก

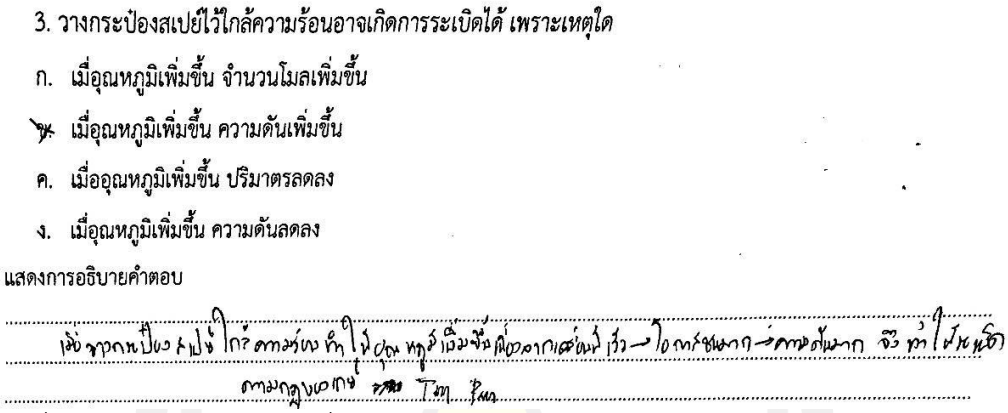
กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	2	6.67
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	19	63.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	9	30.00
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 11 พบว่านักเรียนร้อยละ 6.67 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามกฎของเกย์-ลูสแซก เมื่อปริมาตรและจำนวนโมลคงที่ ความดัน (P) แปรผันตรงกับอุณหภูมิ (T) ในหน่วยเคลวิน ซึ่งสามารถอธิบายการวางกระป๋องสเปย์ไว้ใกล้ความร้อนอาจเกิดการระเบิดได้ โดยใช้ความสัมพันธ์ของความดันและอุณหภูมิตามกฎของเกย์-ลูสแซกว่า การวางกระป๋องสเปย์ไว้ใกล้ความร้อนจะทำให้แก๊สในกระป๋องสเปย์ได้รับความร้อน (อุณหภูมิสูง) อนุภาคเคลื่อนที่ได้เร็ว เกิดการชนมากขึ้น ทำให้แก๊สมีความดันสูงและกระป๋องสเปย์ไม่สามารถยืดหยุ่นได้อาจทำให้เกิดการระเบิดได้ นักเรียนร้อยละ 63.33 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎ อธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและปริมาตหรืออธิบายความสัมพันธ์ของของอุณหภูมิและปริมาตรกับสถานการณ์ได้ยังไม่ชัดเจน เช่น จากกฎของเกย์ลูสแซก เมื่อปริมาตรและจำนวนโมลคงที่ ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ T สูง P มาก, กระป๋องสเปย์ร้อนแล้วมีแก๊สอยู่ข้างใน ทำให้ระเบิดได้, กฎของเกย์ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันเพิ่มขึ้นทำให้ระเบิด ทำใหมโนมติของนักเรียนกลุมนี้ยังไม่สมบูรณ์ เป็นต้น ทำใหมโนมติของนักเรียนกลุมนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 30.00 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้

เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถระบุกฎ อธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความดันหรืออธิบายความสัมพันธ์ของของอุณหภูมิและความดันกับสถานการณ์ได้น้อยหรือผิดพลาดบางส่วน เช่น เป็นไปตามกฎของชาร์ล, จะทำให้ข้างในลูกปิงปองร้อนอุณหภูมิมากขึ้น ปริมาตรดันออก เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 9-11

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


3. วางกระป๋องสเปย์ไว้ใกล้ความร้อนอาจเกิดการระเบิดได้ เพราะเหตุใด

ก. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จำนวนโมลเพิ่มขึ้น

ข. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันเพิ่มขึ้น

ค. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรลดลง

ง. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันลดลง

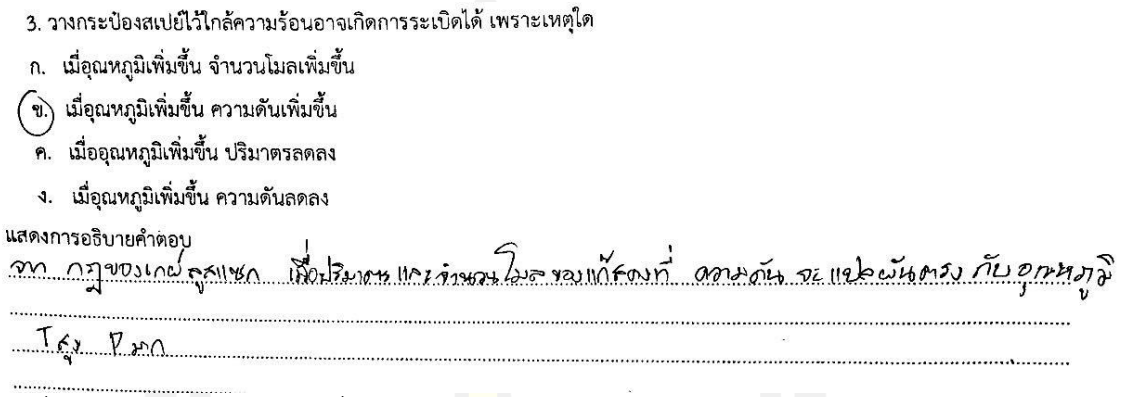
แสดงการอธิบายคำตอบ

เมื่อวางกระป๋องสเปย์ไว้ใกล้ความร้อน ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้อากาศเคลื่อนที่เร็ว → โอกาสชนมาก → ความดันมาก จึงทำให้ระเบิดตามกฎของเกย์ T มาก P มาก

ภาพที่ 9 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3)

จากภาพที่ 9 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง สามารถระบุกฎ อธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความดันและอธิบายสถานการณ์ได้ว่าเป็นไปตามกฎของเกย์ลูสแซกได้ดังนี้ เนื่องจากกระป๋องสเปย์ใกล้ความร้อนทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากเคลื่อนที่เร็ว โอกาสชนมาก ความดันมาก จึงทำให้ระเบิด ตามกฎของเกย์ลูสแซก T มาก P มาก ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


3. วางกระป๋องสเปย์ไว้ใกล้ความร้อนอาจเกิดการระเบิดได้ เพราะเหตุใด

ก. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จำนวนโมลเพิ่มขึ้น

(ข.) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันเพิ่มขึ้น

ค. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรลดลง

ง. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันลดลง

แสดงการอธิบายคำตอบ

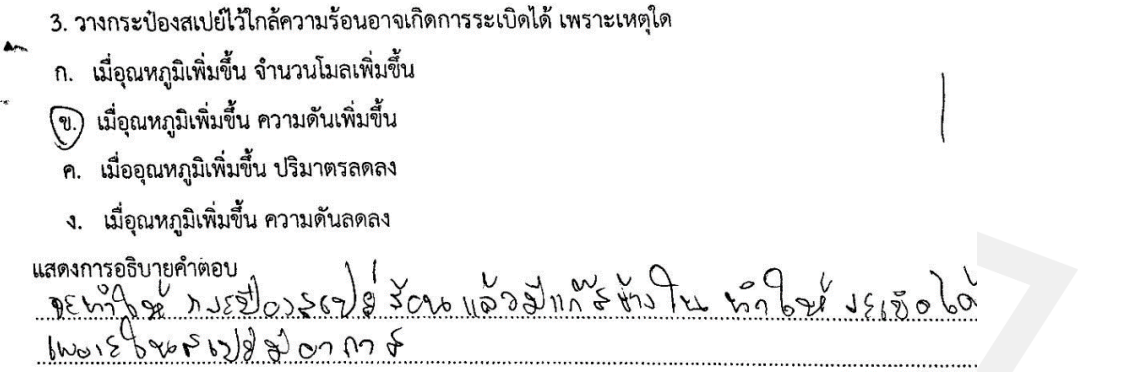
จาก กฎของเกย์ลูสแซก เมื่อปริมาตรและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ความดัน จะแปรผันตรง กับ อุณหภูมิ

โดย ตรง

ภาพที่ 10 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3)

จากภาพที่ 10 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถระบุความสัมพันธ์ตามกฎของเกย์ลูสแซกได้และอธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความดันได้แต่ไม่สามารถอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับกฎของเกย์ลูสแซกอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


3. วางกระป๋องสเปย์ไว้ใกล้ความร้อนอาจเกิดการระเบิดได้ เพราะเหตุใด

ก. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จำนวนโมลเพิ่มขึ้น

(ข.) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันเพิ่มขึ้น

ค. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรลดลง

ง. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันลดลง

แสดงการอธิบายคำตอบ

ภาพที่ 11 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 3)

จากภาพที่ 11 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับกฎของย์ลูสแซกได้ แต่เขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ไม่ตรงกับคำถาม ไม่สามารถระบุกฎและอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและความดันได้ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียน

สามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบสำคัญของคำตอบ

มโนมติย่อยที่ 4 เรื่อง กฎรวมแก๊ส

กฎรวมแก๊ส เมื่อรวมกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซกจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$V \propto \frac{T}{P}$$

$$V = \frac{T}{P} \times \text{ค่าคงที่}$$

$$\frac{PV}{T} = \text{ค่าคงที่}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิเรียกว่า กฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

ข้อสอบ แก๊สจำนวนหนึ่งมีปริมาตร 2.00 ลิตร ที่อุณหภูมิ 127 °C ความดัน 2.0 atm ถ้าต้องการให้มีปริมาตร 3.0 ลิตร ความดัน 760 mmHg จะต้องทำให้อุณหภูมิเป็นอย่างไรและที่อุณหภูมิกี่ °C

ก. เพิ่มขึ้น ข. ลดลง ค. ไม่เปลี่ยนแปลง ง. สรุปไม่ได้

ตารางที่ 12 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎรวมแก๊ส

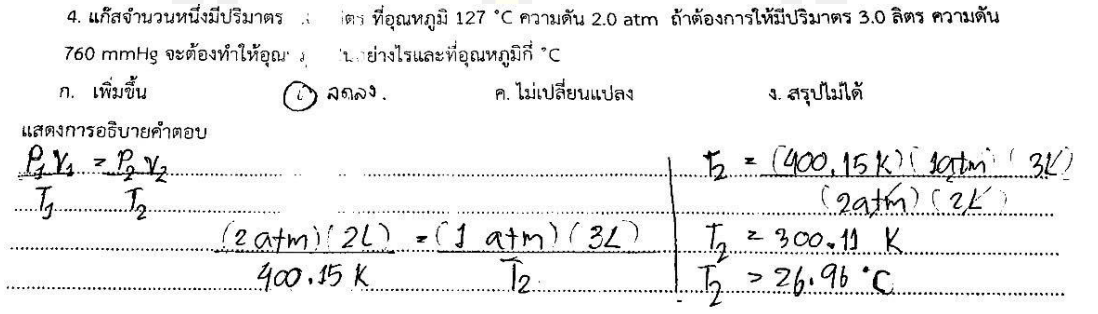
กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	23	76.67
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	4	13.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	3	10.00
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 12 พบว่านักเรียนร้อยละ 76.67 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎรวมแก๊ส โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและใช้สูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ตามกฎของกฎรวมแก๊ส นักเรียนร้อยละ 13.33 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและมีการใช้สูตรในคำนวณที่ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง โดยการคำนวณของนักเรียนส่วนมากของนักเรียนจะขาดการเปลี่ยน

หน่วย ทำให้ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง ทำใหมโนมติของนักเรียนกลุมนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 10.00 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้อง ใช้สูตรในการคำนวณผิดและเขียนแสดงวิธีคำนวณไม่ถูกต้องหรือใช้สูตรในการคำนวณถูกแต่ไม่แสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 12-14

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎรวมแก๊ส

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


4. แก๊สจำนวนหนึ่งมีปริมาตร ... ที่อุณหภูมิ 127 °C ความดัน 2.0 atm ถ้าต้องการให้มีปริมาตร 3.0 ลิตร ความดัน 760 mmHg จะต้องทำให้อุณ... อย่างไรและที่อุณหภูมิกี่ °C

ก. เพิ่มขึ้น ข. ลดลง ค. ไม่เปลี่ยนแปลง ง. สรุปไม่ได้

แสดงการอธิบายคำตอบ

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$\frac{(2\,atm)(2L)}{400.15\,K} = \frac{(1\,atm)(3L)}{T_2}$

$T_2 = \frac{(400.15\,K)(1\,atm)(3L)}{(2\,atm)(2L)}$

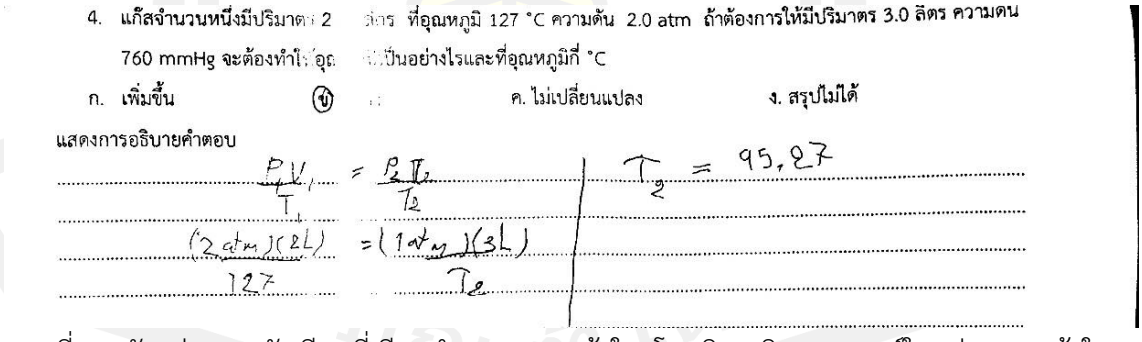
$T_2 = 300.11\,K$

$T_2 = 26.96\,^{\circ}C$

ภาพที่ 12 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4)

จากภาพที่ 12 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง ใช้สูตรการคำนวณ แทนค่าและได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


4. แก๊สจำนวนหนึ่งมีปริมาตร 2 ... ที่อุณหภูมิ 127 °C ความดัน 2.0 atm ถ้าต้องการให้มีปริมาตร 3.0 ลิตร ความดัน 760 mmHg จะต้องทำให้อุณ... เป็นอย่างไรและที่อุณหภูมิกี่ °C

ก. เพิ่มขึ้น ข. ... ค. ไม่เปลี่ยนแปลง ง. สรุปไม่ได้

แสดงการอธิบายคำตอบ

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

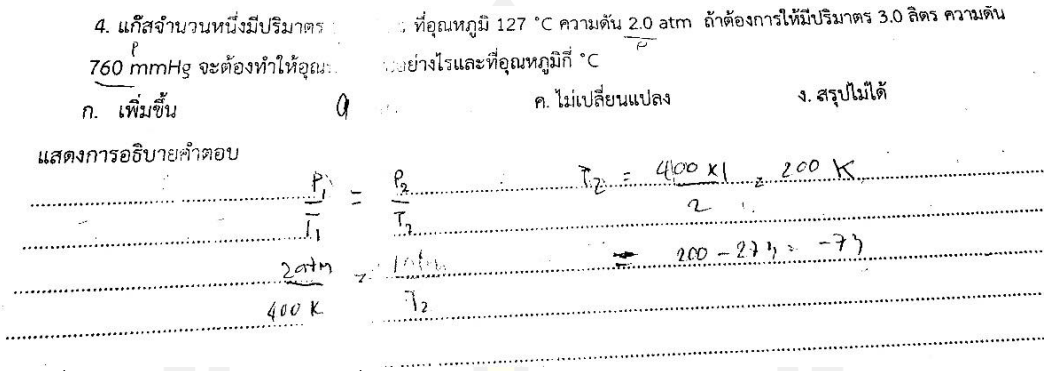
$\frac{(2\,atm)(2L)}{127} = \frac{(1\,atm)(3L)}{T_2}$

$T_2 = 95.27$

ภาพที่ 13 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4)

จากภาพที่ 13 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบและใช้สูตรการคำนวณถูกต้องแต่มีการแทนค่าและได้คำตอบไม่ถูกต้อง

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)



ภาพที่ 14 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 4)

จากภาพที่ 14 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องแต่มีการเลือกใช้สูตรการคำนวณ การแทนค่าและคำตอบไม่ถูกต้อง

มโนมติย่อยที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

กฎของอาโวกาโดร กล่าวว่า เมื่อความดันและอุณหภูมิของแก๊งคงที่ ปริมาตร (V) จะแปรผันตรงกับจำนวนโมล (n) เขียนแทนสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V \propto n$$

ความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรือจำนวนโมลของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

ข้อสอบ แกสจำนวนหนึ่งที่ความดันคงที่ ถาเปลี่ยนจำนวนโมลของแก๊ส 10 โมล เป็น 20 โมล ปริมาตรของแกสนี้จะเป็นอย่างไร

ก. ลดลง
ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เทาของปริมาตรเดิม
ค. เพิ่มขึ้นแต่ไม่เป็น 2 เทาของปริมาตรเดิม
ง. ไม่เปลี่ยนแปลง

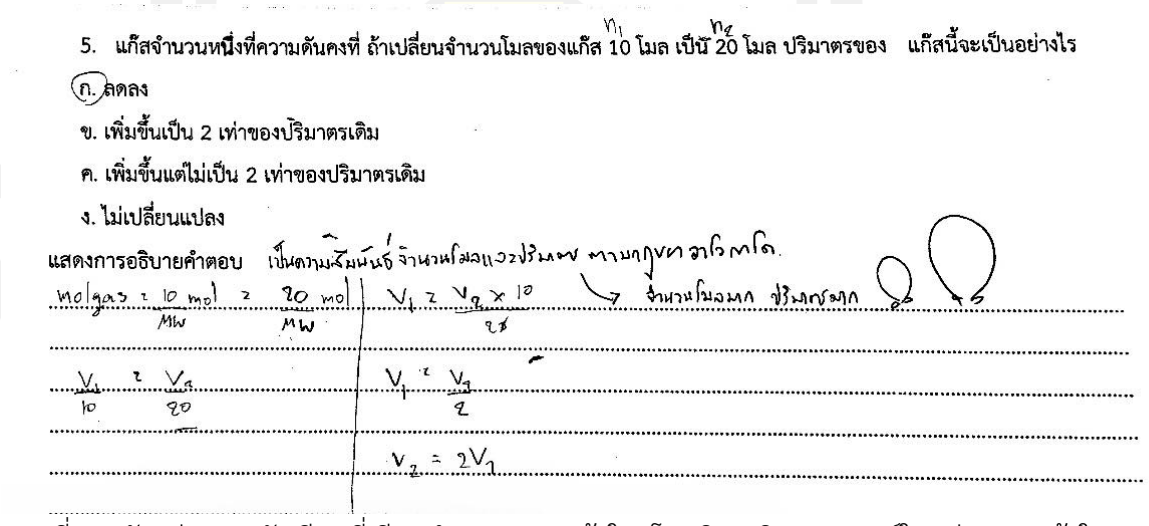
ตารางที่ 13 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	14	46.67
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	12	40.00
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	4	13.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 13 พบว่านักเรียนร้อยละ 46.67 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎของอาโวกาโดร โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและจำนวนโมลและแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ตามกฎของอาโวกาโดร นักเรียนร้อยละ 40.00 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องแต่ยังขาดการอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตรและจำนวนโมลหรือแสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยการคำนวณของนักเรียนส่วนมากไม่ชัดเจนทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 13.33 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้อง ขาดการแสดงการคำนวณหรือคำนวณผิด ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 15-17

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


5. แก๊สจำนวนหนึ่งที่ความดันคงที่ ถ้าเปลี่ยนจำนวนโมลของแก๊ส 10 (n_1) โมล เป็น 20 (n_2) โมล ปริมาตรของ แก๊สนี้จะเป็นอย่างไร

(ก.) ลดลง

ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม

ค. เพิ่มขึ้นแต่ไม่เป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม

ง. ไม่เปลี่ยนแปลง

แสดงการอธิบายคำตอบ เป็นตามสัมพันธ์ จำนวนโมลแปรผันตรงกับปริมาตร

mol ของแก๊ส = 10 mol / MW = 20 mol / MW

$V_1 = V_2 \times 10$ → จำนวนโมลมาก ปริมาตรมาก

$\frac{V_1}{10} = \frac{V_2}{20}$

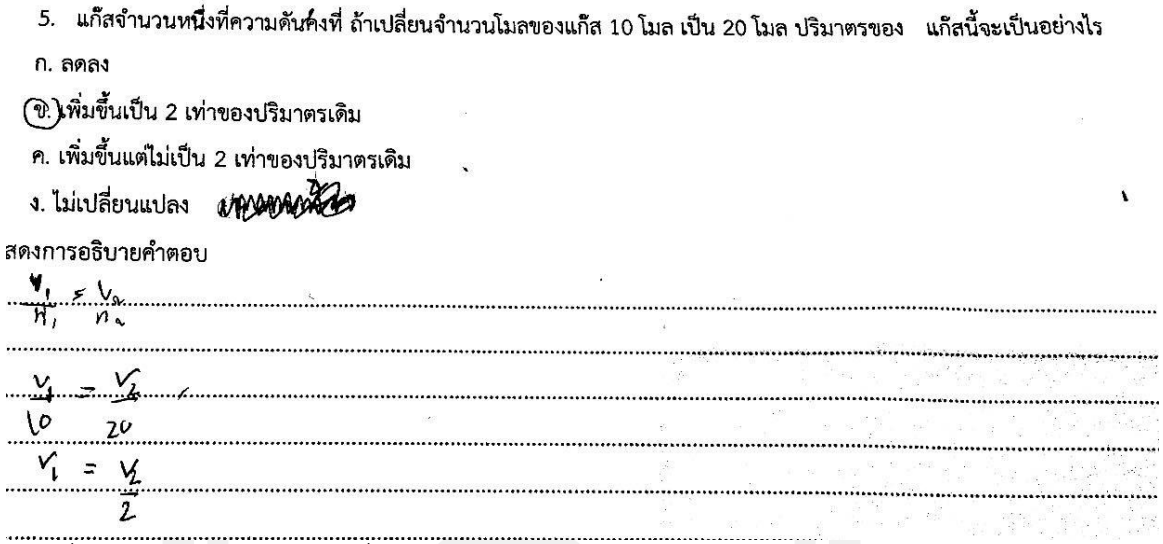
$V_1 = \frac{V_2}{2}$

$V_2 = 2V_1$

ภาพที่ 15 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5)

จากภาพที่ 15 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของจำนวลโมลและปริมาตรได้ ใช้สูตรการคำนวณ แทนค่าและได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


5. แก๊สจำนวนหนึ่งที่ความดันคงที่ ถ้าเปลี่ยนจำนวนโมลของแก๊ส 10 โมล เป็น 20 โมล ปริมาตรของ แก๊สนี้จะเป็นอย่างไร

ก. ลดลง

ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม

ค. เพิ่มขึ้นแต่ไม่เป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม

ง. ไม่เปลี่ยนแปลง

สดงการอธิบายคำตอบ

$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$

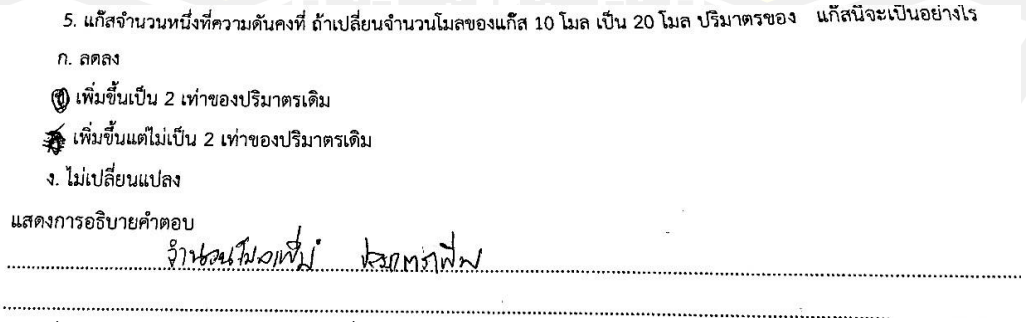
$\frac{V_1}{10} = \frac{V_2}{20}$

$V_1 = \frac{V_2}{2}$

ภาพที่ 16 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5)

จากภาพที่ 16 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของจำนวลโมลและปริมาตรได้ ใช้สูตรการคำนวณ แทนค่าถูต้องแต่ได้คำตอบที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากยังไม่ตรงกับคำถาม

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


5. แก๊สจำนวนหนึ่งที่ความดันคงที่ ถ้าเปลี่ยนจำนวนโมลของแก๊ส 10 โมล เป็น 20 โมล ปริมาตรของ แก๊สนีจะเป็นอย่างไร

ก. ลดลง

ข. เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม

ค. เพิ่มขึ้นแต่ไม่เป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม

ง. ไม่เปลี่ยนแปลง

แสดงการอธิบายคำตอบ

จำนวนโมลเพิ่ม ปริมาตรก็เพิ่ม

ภาพที่ 17 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 5)

จากภาพที่ 17 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของจำนวนโมลและปริมาตรได้แต่ไม่มีการแสดงวิธีการคำนวณเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรของแก๊ส

มโนมติย่อยที่ 6 เรื่อง กฎแก๊สอุดมคติ

กฎแก๊สอุดมคติ ที่ STP ผลคูณของปริมาตรกับความดันเท่ากับผลคูณของจำนวนโมล ค่าคงที่ของแก๊สและอุณหภูมิ สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้ $PV = nRT$ เมื่อค่าคงที่ของแก๊ส (R) เท่ากับ 0.0821 L.atm.mol^{-1}.K^{-1} หรือ 8.314 m^3.Pa.mol^{-1}.K^{-1} หรือ 8.314 J.mol^{-1}.K^{-1}

ข้อสอบ แก๊สชนิดหนึ่งจำนวน 1 mol มีปริมาตร 820 cm^3 ทีอุณหภูมิ 100.0 °C แก๊สนี้มีความดันเป็นเท่าใด เมื่อเทียบกับสภาวะ STP

ก. น้อยกว่า, 0.34 atm ข. น้อยกว่า, 0.96 atm

ค. มากกว่า, 70.0 atm ง. มากกว่า ,37.3 atm

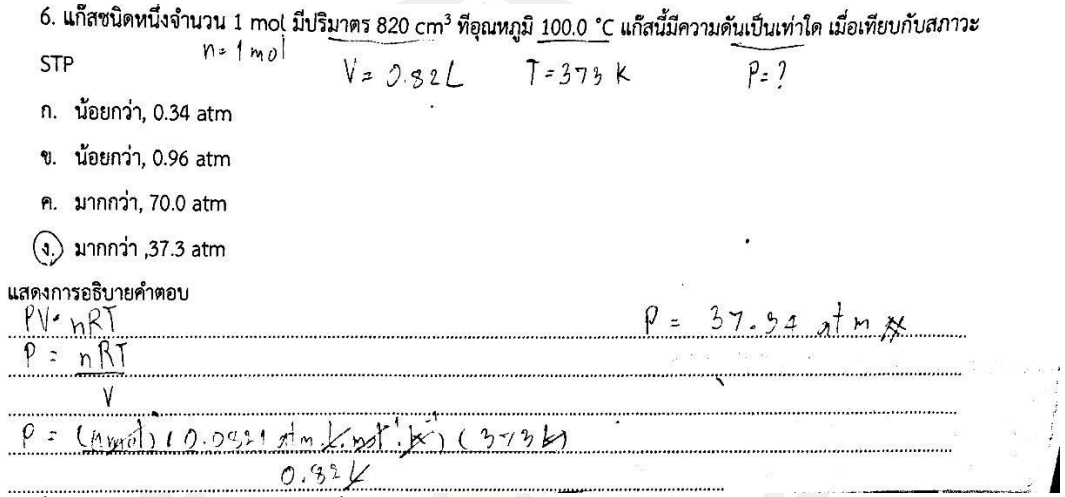
ตารางที่ 14 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎแก๊สอุดมคติ

กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	20	66.67
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	6	20.00
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	4	13.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 14 พบว่านักเรียนร้อยละ 66.67 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎแก๊สอุดมคติ โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ตามกฎของกฎแก๊สอุดมคติ โดยการคำนวณจะประกอบไปด้วยการใช้สมการ การแทนค่าหน่วยของตัวแปรและคำตอบ นักเรียนร้อยละ 20.00 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถการใช้สมการคำนวณถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง โดยการคำนวณของนักเรียนส่วนมากของนักเรียนจะขาดการเติมหน่วยของตัวแปร การเปลี่ยนหน่วยของตัวแปร การแทนค่า ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุมนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 13.33 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องแต่ใช้สมการคำนวณและแสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้องหรือไม่แสดงวิธีการคำนวณเลย ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 18-20

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎแก๊สอุดมคติ

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


6. แก๊สชนิดหนึ่งจำนวน 1 mol มีปริมาตร 820 cm^3 ที่อุณหภูมิ 100.0 °C แก๊สนี้มีความดันเป็นเท่าใด เมื่อเทียบกับสภาวะ STP

n = 1 mol V = 0.82 L T = 373 K P = ?

ก. น้อยกว่า, 0.34 atm

ข. น้อยกว่า, 0.96 atm

ค. มากกว่า, 70.0 atm

(ง.) มากกว่า ,37.3 atm

แสดงการอธิบายคำตอบ

PV = nRT

P = nRT / V

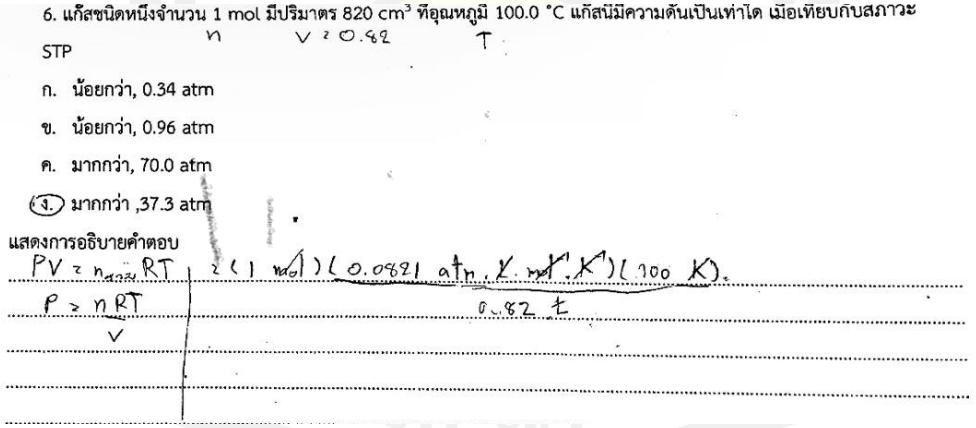
P = (1 mol)(0.0821 atm·L·mol⁻¹·K⁻¹)(373 K) / 0.82 L

P = 37.34 atm

ภาพที่ 18 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6)

จากภาพที่ 18 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง ใช้สูตรการคำนวณ แทนค่าและได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


6. แก๊สชนิดหนึ่งจำนวน 1 mol มีปริมาตร 820 cm^3 ที่อุณหภูมิ 100.0 °C แก๊สนี้มีความดันเป็นเท่าใด เมื่อเทียบกับสภาวะ STP

n V = 0.82 T

ก. น้อยกว่า, 0.34 atm

ข. น้อยกว่า, 0.96 atm

ค. มากกว่า, 70.0 atm

(ง.) มากกว่า ,37.3 atm

แสดงการอธิบายคำตอบ

PV = nRT = (1 mol)(0.0821 atm·L·mol⁻¹·K⁻¹)(100 K)

P = nRT / V = 0.82 L

ภาพที่ 19 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6)

จากภาพที่ 19 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบและใช้สูตรการคำนวณถูกต้องแต่มีการแทนค่าที่ไม่ถูกต้องและไม่แสดงคำตอบที่ได้

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)

6. แก๊สชนิดหนึ่งจำนวน 1 mol มีปริมาตร 820 cm^3 ที่อุณหภูมิ 100.0 °C แก๊สนี้มีความดันเป็นเท่าใด เมื่อเทียบกับสภาวะ STP

ก. น้อยกว่า, 0.34 atm

ข. น้อยกว่า, 0.96 atm

ค. มากกว่า, 70.0 atm

X มากกว่า ,37.3 atm

แสดงการอธิบายคำตอบ

$P_1V_1 = P_2V_2$

$(1)(22.4) = P(0.82)$

$P = 27.31$

ภาพที่ 20 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 6)

จากภาพที่ 20 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องแต่มีการเลือกใช้สูตรการคำนวณ การแทนค่าและคำตอบไม่ถูกต้อง

มโนมติย่อยที่ 7 เรื่อง ความดันรวมของแก๊ส

ความดันรวมของแก๊สผสมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความดันที่แก๊สแต่ละชนิดทำให้เกิดขึ้น” $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_i$ ซึ่งจากกฎแก๊สอุดมคติจะได้ความดันรวมของแก๊สผสมกับจำนวน โมลของแก๊สได้ความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและปริมาตรคงที่ ความดันของแก๊สผสมจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนโมลของแก๊ส สามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_{total} = \frac{n_{1RT}}{V} + \frac{n_{2RT}}{V} + \frac{n_{2RT}}{V} + \ldots + \frac{n_{iRT}}{V}$$

$$= \frac{(n_1 + n_{2+} n_3 + \cdots + n_i)RT}{V}$$

$$= \frac{n_{total}RT}{V}$$

ข้อสอบ ถ้าผสมแก๊สฮีเลียม 4.00 กรัมและแก๊สอาร์กอน 7.99 กรัม ในภาชนะขนาด 10.0 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดันของแก๊สผสมมีค่าเท่าใด

ก. $P_{He} - P_{Ar}$, 1.08 ข. $P_{He} - P_{Ar}$, 2.36

ค. $P_{He} + P_{Ar}$, 2.94 ง. $P_{He} + P_{Ar}$, 5.14

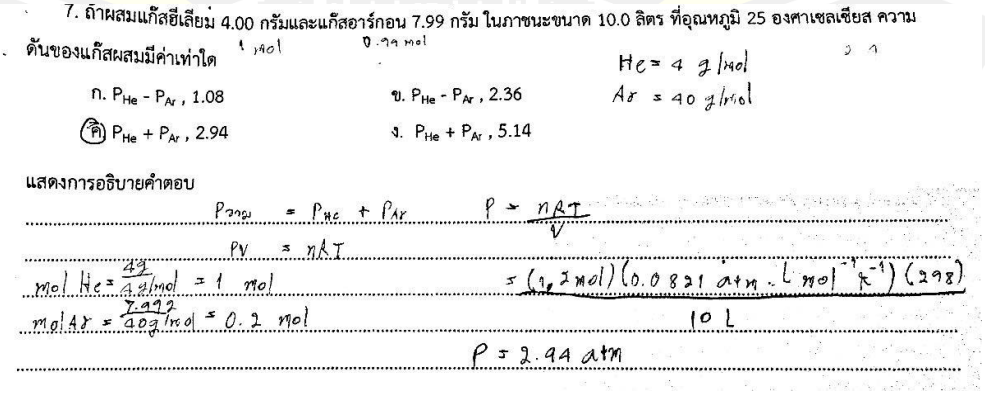
ตารางที่ 15 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎความดันย่อยของดอลตัน

กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	20	66.67
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	8	26.67
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	2	6.67
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 14 พบว่านักเรียนร้อยละ 66.67 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎความดันย่อยของดอลตัน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายความดันรวมของแก๊สและแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ตามกฎของกฎความดันย่อยของดอลตัน โดยการคำนวณจะประกอบไปด้วยการใช้สมการ การแทนค่า หน่วยของตัวแปรและคำตอบ นักเรียนร้อยละ 26.67 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายความดันรวมของแก๊สหรือสามารถแสดงวิธีการคำนวณที่ไม่ถูกต้อง โดยการคำนวณของนักเรียนส่วนมากของนักเรียนจะขาดการเติมหน่วยของตัวแปร การเปลี่ยนหน่วยตัวแปร ทำให้ได้คำตอบที่ผิด ทำใหมโนมติของนักเรียนกลุมนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 6.67 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องแต่ไม่มีการอธิบายความดันรวมของแก๊สและแสดงวิธีการคำนวณหรือการอธิบายความดันรวมของแก๊สและแสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 21-23

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎความดันย่อยของดอลตัน

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


7. ถ้าผสมแก๊สฮีเลียม 4.00 กรัมและแก๊สอาร์กอน 7.99 กรัม ในภาชนะขนาด 10.0 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดันของแก๊สผสมมีค่าเท่าใด

ก. $P_{He} - P_{Ar}$, 1.08 ข. $P_{He} - P_{Ar}$, 2.36

(ค) $P_{He} + P_{Ar}$, 2.94 ง. $P_{He} + P_{Ar}$, 5.14

He = 4 g/mol

Ar = 40 g/mol

แสดงการอธิบายคำตอบ

$P_{รวม} = P_{He} + P_{Ar}$ $P = \frac{nRT}{V}$

$PV = nRT$

mol He = $\frac{4g}{4g/mol}$ = 1 mol $= \frac{(1.2\ mol)(0.0821\ atm \cdot L\ mol^{-1}K^{-1})(298)}{10\ L}$

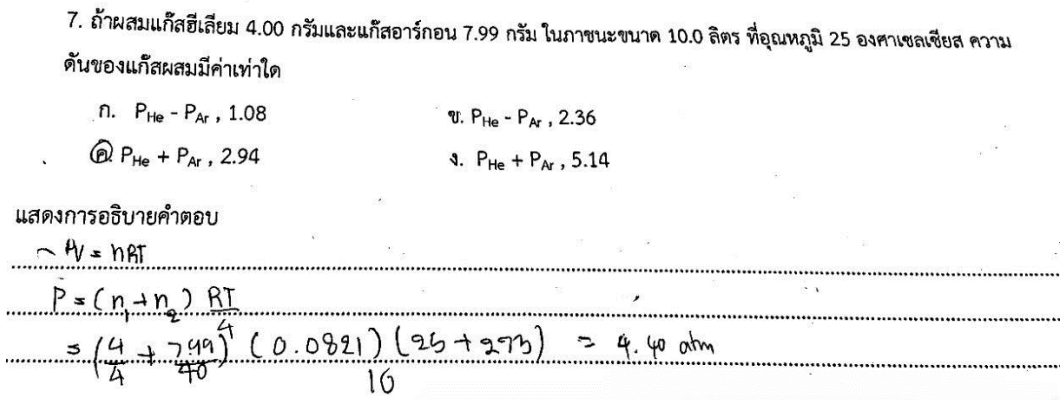
mol Ar = $\frac{7.99g}{40g/mol}$ = 0.2 mol

$P = 2.94\ atm$

ภาพที่ 21ภาพที่ 21 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)

จากภาพที่ 21 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง ใช้สูตรการคำนวณ แทนค่าและได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


7. ถ้าผสมแก๊สฮีเลียม 4.00 กรัมและแก๊สอาร์กอน 7.99 กรัม ในภาชนะขนาด 10.0 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดันของแก๊สผสมมีค่าเท่าใด

ก. $P_{He} - P_{Ar}$, 1.08 ข. $P_{He} - P_{Ar}$, 2.36

ค. $P_{He} + P_{Ar}$, 2.94 ง. $P_{He} + P_{Ar}$, 5.14

แสดงการอธิบายคำตอบ

$PV = nRT$

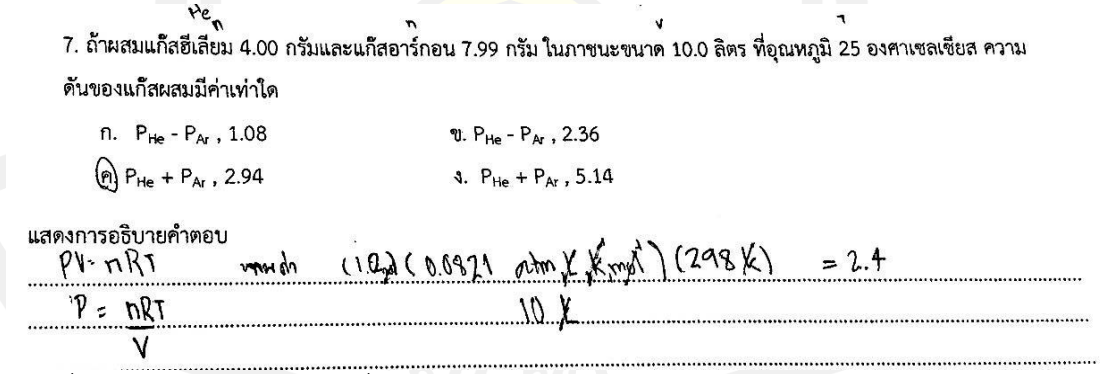
$P = (n_1 + n_2)RT$

$= \left(\frac{4}{4} + \frac{7.99}{40}\right)(0.0821)(25 + 273) = 4.40$ atm

ภาพที่ 22 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)

จากภาพที่ 22 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบ ใช้สูตรการคำนวณและการแทนค่าถูกต้องแต่ได้คำตอบไม่ถูกต้อง

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


7. ถ้าผสมแก๊สฮีเลียม 4.00 กรัมและแก๊สอาร์กอน 7.99 กรัม ในภาชนะขนาด 10.0 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดันของแก๊สผสมมีค่าเท่าใด

ก. $P_{He} - P_{Ar}$, 1.08 ข. $P_{He} - P_{Ar}$, 2.36

ค. $P_{He} + P_{Ar}$, 2.94 ง. $P_{He} + P_{Ar}$, 5.14

แสดงการอธิบายคำตอบ

$PV = nRT$ $(1.0)(0.0821\ \text{atm}\cdot\text{K}\cdot\text{mol}^{-1})(298\ \text{K}) = 2.4$

$P = \frac{nRT}{V}$ $10\ \text{K}$

ภาพที่ 23 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 7)

จากภาพที่ 23 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องแต่มีการเลือกใช้สูตรการคำนวณ การแทนค่าและคำตอบไม่ถูกต้อง และยังไม่แสดงที่มาของตัวเลขในการคำนวณ

มโนมติย่อยที่ 8 เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส กล่าวไว้ว่า

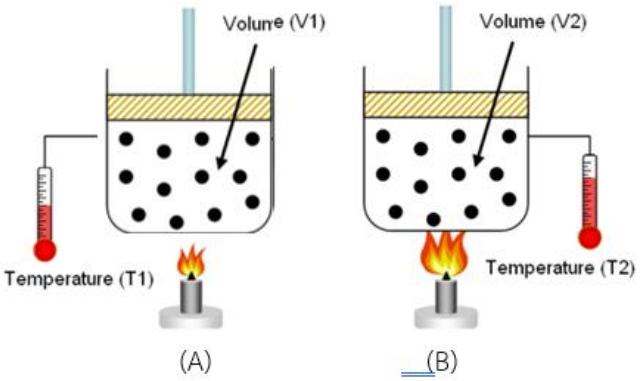
1. แก๊สประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมาก ปริมาตรของอนุภาตเหล่านั้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ

2. อนุภาคแก๊สอยู่ห่างกันมากและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยมากจนถือว่าได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน

3.แก๊สแต่ละอนุภาคเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทิศทางที่ไม่แน่นอนด้วยอัตราเร็วคงที่ที่แตกต่างกันจึงมีพลังงานจลน์ไม่เท่ากัน เมื่อเกิดการชนกันจะมีการถ่ายเทพลังงานให้แก่กันโดยไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์รวม ทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยนมีค่าคงที่

4.พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเท่านั้น โดยไม่ขึ้นกับชนิดของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊สที่ชนิดมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น จึงทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเพิ่มขึ้น

ข้อสอบ แก๊สในข้อใดมีพลังงานจลน์มากที่สุด เพราะเหตุใด



ก.A ข. B ค. เท่ากัน ง. สรุปไม่ได้

ตารางที่ 16 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

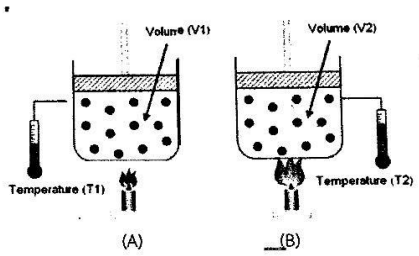
กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	18	60.00
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	10	33.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	2	6.67
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 16 พบว่านักเรียนร้อยละ 60.00 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ซึ่งเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและพลังงานจลน์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า B มีพลังงานจลน์มากกว่า A เนื่องจาก พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น จึงทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเพิ่มขึ้น นักเรียนร้อยละ 33.33 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายได้ว่าสถานการณ์สอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ไม่ได้อธิบายว่าสถานการณ์สอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สอย่างไรหรืออธิบายไม่ชัดเจน เช่น อุณหภูมิต่างกัน B อุณหภูมิมากกว่า A และพลังงานจลน์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ B อุณหภูมิสูง, อุณหภูมิมีส่วนเกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์ เพราะอุณหภูมิสูง จะทำให้การแพร่เคลื่อนที่เร็ว เป็นต้น ทำใหมโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 6.67 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องแต่อธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สไม่ถูกต้อง เช่น บิ๊กเกอร์ B มีปริมาณแก๊สมากกว่าบิ๊กเกอร์ A ดังนั้นบิ๊กเกอร์ B จะมีพลังงานจลน์มากที่สุด เป็นต้น ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 24-26

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)

8. ที่ปริมาตรและความดันเท่ากัน แก๊สในข้อใดมีพลังงานจลน์มากที่สุด เพราะเหตุใด



ก.A ข.B ค. เท่ากัน ง. สรุปไม่ได้

แสดงการอธิบายคำตอบ

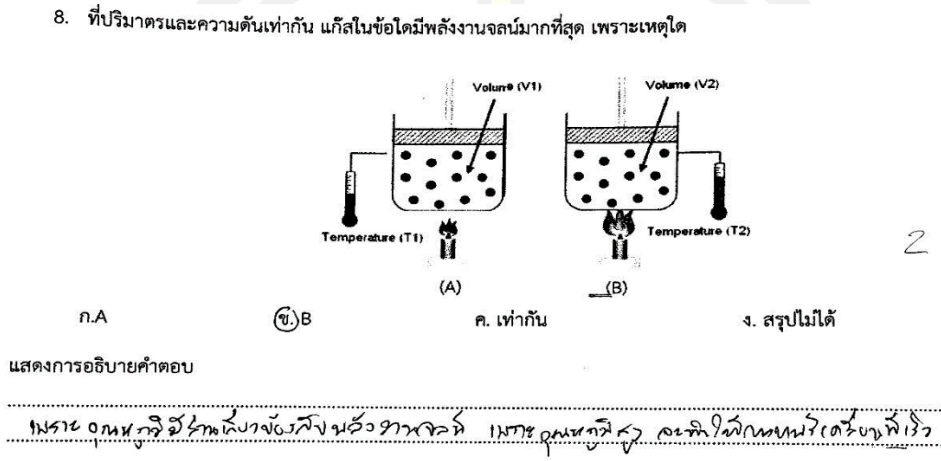
B อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น จึงทำให้พลังงานจลน์ของแก๊สเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 24 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 8)

จากภาพที่ 24 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตาม

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ซึ่งเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและพลังงานจลน์ได้ดังนี้ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้อนุภาคแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้นจึงทำให้พลังงานจลน์ของแก๊สเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์

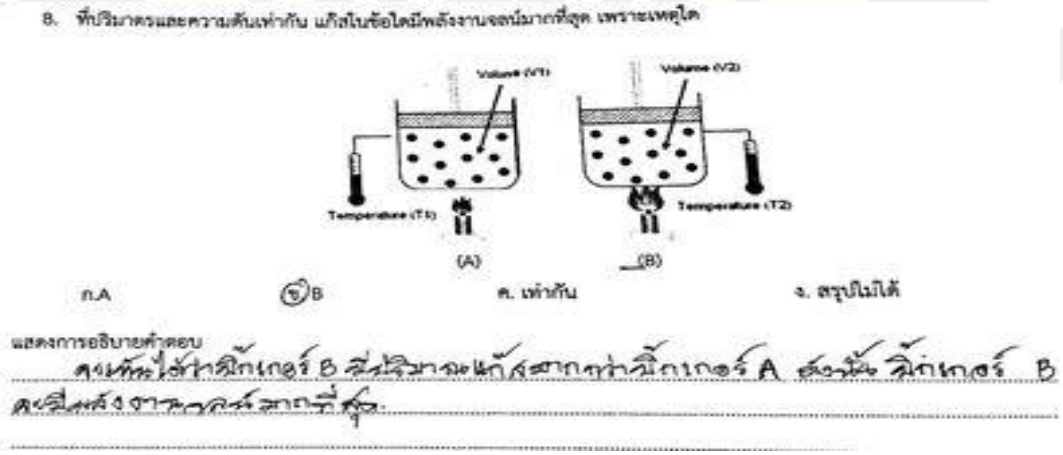
นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)



ภาพที่ 25 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 8)

จากภาพที่ 25 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายได้ว่าสถานการณ์สอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สได้แต่ไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง เพราะอุณหภูมิมีส่วนเกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์ เพราะอุณหภูมิสูงจะทำให้เคลื่อนที่เร็ว

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)



ภาพที่ 26 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 8)

จากภาพที่ 26 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของแก๊สได้ไม่ครบถ้วน ดังตัวอย่าง บิ๊กเกอร์ B มีปริมาณแก๊สมากกว่าบิ๊กเกอร์ A ดังนั้นบิ๊กเกอร์ B จะมีพลังงานจลน์มากที่สุด

มโนมติย่อยที่ 9 เรื่อง กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม

กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมกล่าวไว้ว่า ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จำนวนโมเลกุลของแก๊สที่แพร่ผ่านต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรืออัตราการแพร่ผ่านของแก๊สแปรผกผันกับรากที่สองของมวลต่อโมล เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$$

ข้อสอบ แก๊สใดต่อไปนี้ มีอัตราการแพร่เร็วที่สุด ณ สภาวะเดียวกัน (กำหนดมวลอะตอม N = 14, O = 16, Cl = 35.5, S = 32)

ก. HCl ข. NO_2

ค. SO_2 ง. แก๊สทุกชนิดมีอัตราการแพร่เท่ากัน

ตารางที่ 17 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม

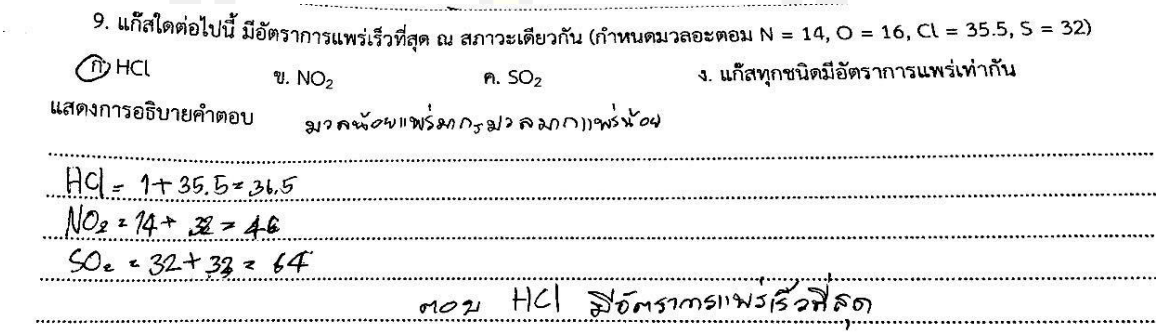
กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	14	46.67
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	16	53.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	0	0
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 17 พบว่านักเรียนร้อยละ 46.67 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้อง สามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม ซึ่งกล่าวได้ว่าจำนวนโมเลกุลของแก๊สที่แพร่ผ่านต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรืออัตราการแพร่ผ่านของแก๊สแปรผกผันกับรากที่สองของมวลต่อโมล ซึ่งหมายถึงโมเลกุลของแก๊สที่มีมวลต่อโมลน้อยจะมีอัตราการแพร่ผ่านได้ดีกว่าโมเลกุลของแก๊สที่มีมวลต่อโมลมากและแสดงการคำนวณมวลต่อโมลของแก๊สแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้อง นักเรียนร้อยละ 53.33 มีความเข้าใจมโน

มติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายได้ว่าสถานการณ์สอดคล้องกับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมดังที่กล่าวมาข้างต้นและแสดงการคำนวณมวลต่อโมลของแก๊สแต่ละชนิด ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ไม่ได้อธิบายว่าสถานการณ์สอดคล้องกับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมอย่างไรหรืออธิบายไม่ชัดเจน หรือไม่แสดงการคำนวณมวลต่อโมลของแก๊ส ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 27-28

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


9. แก๊สใดต่อไปนี้ มีอัตราการแพร่เร็วที่สุด ณ สภาวะเดียวกัน (กำหนดมวลอะตอม N = 14, O = 16, Cl = 35.5, S = 32)

ก. HCl ข. NO_2 ค. SO_2 ง. แก๊สทุกชนิดมีอัตราการแพร่เท่ากัน

แสดงการอธิบายคำตอบ มวลน้อยแพร่มากกว่ามวลมากแพร่น้อย

$HCl = 1 + 35.5 = 36.5$

$NO_2 = 14 + 32 = 46$

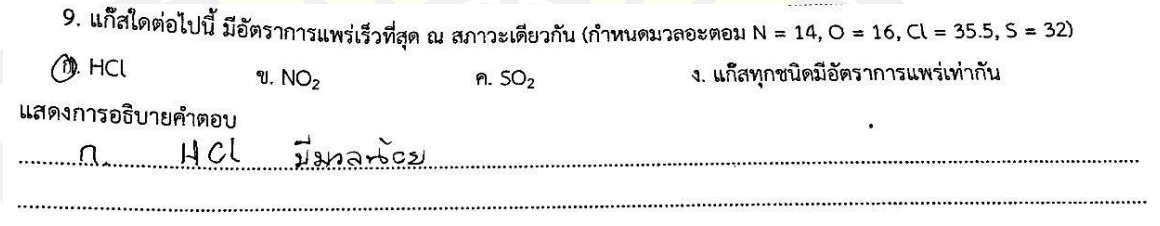
$SO_2 = 32 + 32 = 64$

ตอบ HCl มีอัตราการแพร่เร็วที่สุด

ภาพที่ 27 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 9)

จากภาพที่ 27 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง สามารถอธิบายสถานการณ์เป็นไปตามกฎการแพร่ของเกรแฮมได้ ใช้วิธีการการคำนวณ แทนค่าและได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


9. แก๊สใดต่อไปนี้ มีอัตราการแพร่เร็วที่สุด ณ สภาวะเดียวกัน (กำหนดมวลอะตอม N = 14, O = 16, Cl = 35.5, S = 32)

ก. HCl ข. NO_2 ค. SO_2 ง. แก๊สทุกชนิดมีอัตราการแพร่เท่ากัน

แสดงการอธิบายคำตอบ

ก. HCl มีมวลน้อย

ภาพที่ 28 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 9)

จากภาพที่ 28 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง สามารถอธิบายสถานการณ์เป็นไปตามกฎการแพร่ของเกรแฮมแต่ไม่แสดงวิธีการคำนวณ

มโนมติย่อยที่ 10 เรื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส

จากการศึกษาสมบัติของแก๊ส สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน หรือในกระบวนการอุตสาหกรรมได้ เช่น การทำขนมฟู ป๊อบคอนจากเมล็ดข้าวโพด การแยกไอโซโทปยูเรเนียม เป็นต้น และยังมีปรากฏการณ์อื่น ๆ เช่น อาการหูอื้อเมื่อขึ้นไปอยู่บนที่สูง การพ่นสารออกจากกระป๋องสเปรย ท่าการช่วยให้อาหารที่ติดในหลอดลม เป็นต้น

ข้อสอบ การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแก๊สและสมบัติของแก๊สข้อใด ผิด

ก. กระป๋องสเปรย์เมื่อถูกความร้อนอาจจะระเบิดได้

ข. การทำป๊อบคอน : ในเมล็ดข้าวโพดจะกลายเป็นไอ เมื่อถูกความร้อนทำให้แก๊สขยายตัว

ค. ขนมถ้วยฟู : เมื่อให้ความร้อนทำปฏิกิริยากับผงฟูจะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และขยายตัวแทรกผ่านเนื้อขนม

ง. การช่วยคนที่มีอาหารติดหลอดลมทำได้โดยใช้มือที่ประสานกันกดลงไปบริเวณหน้าท้องจะทำให้ความดันลดลงจะช่วยผลักดันอาหารที่ติดค้างอยู่ลงท้องได้ตามปกติ

ตารางที่ 18 แสดงกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส

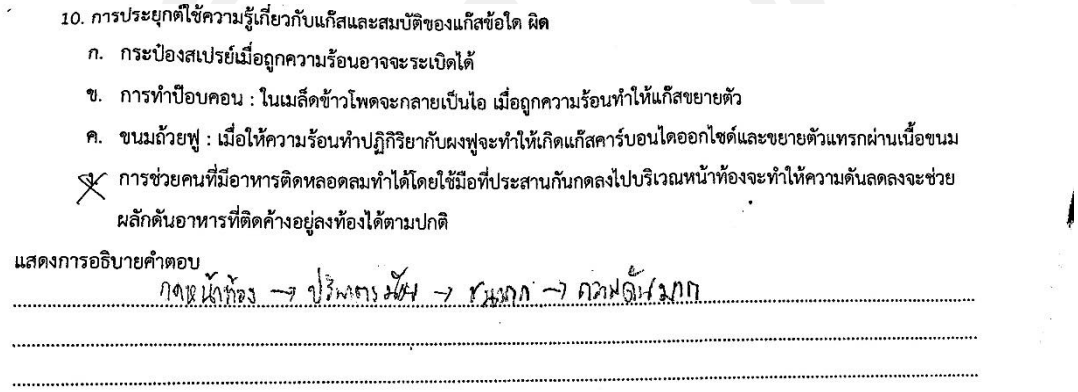
กลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	%
ความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU)	18	60.00
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	7	23.33
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	5	16.67
ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC)	0	0
ไม่เข้าใจมโนมติ (NU)	0	0

จากตารางที่ 18 พบว่านักเรียนร้อยละ 60.00 มีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) เรื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส ซึ่งกล่าวได้ว่าการช่วยคนที่มีอาหารติดหลอดลมทำได้โดยใช้มือที่ประสานกันกดลงไปบริเวณหน้าท้องจะทำให้ช่องท้องมีปริมาตรน้อยลง ทำให้ความดันเพิ่มขึ้นตามกฎของบอยและจะช่วยผลักดันอาหารที่ติดค้างอยู่ลงท้องได้ตามปกติ นักเรียนร้อยละ 16.67 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายได้ว่าสถานการณ์สอดคล้องกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้อธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สไม่ชัดเจน ทำให้มโนมติของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 16.67 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน

บางส่วน (PS) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เลือกคำตอบถูกต้องแต่อธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สไม่ถูกต้องหรือไม่แสดงคำอธิบาย ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาพที่ 29-30

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติ เรื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)


10. การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแก๊สและสมบัติของแก๊สข้อใด ผิด

ก. กระป๋องสเปรย์เมื่อถูกความร้อนอาจจะระเบิดได้

ข. การทำป๊อบคอน : ในเมล็ดข้าวโพดจะกลายเป็นไอ เมื่อถูกความร้อนทำให้แก๊สขยายตัว

ค. ขนมถ้วยฟู : เมื่อให้ความร้อนทำปฏิกิริยากับผงฟูจะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และขยายตัวแทรกผ่านเนื้อขนม

X การช่วยคนที่มีอาหารติดหลอดลมทำได้โดยใช้มือที่ประสานกันกดลงไปบริเวณหน้าท้องจะทำให้ความดันลดลงจะช่วยผลักดันอาหารที่ติดค้างอยู่ลงท้องได้ตามปกติ

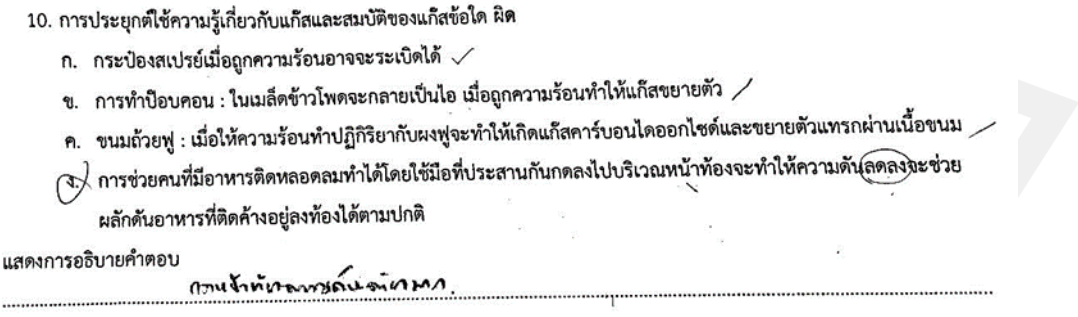
แสดงการอธิบายคำตอบ

กดหน้าท้อง → ปริมาตรน้อย → ขนมก → ความดันมาก

ภาพที่ 29 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 10)

จากภาพที่ 29 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถอธิบายสถานการณ์ว่าเป็นไปตามสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส ดังตัวอย่างกดหน้าทอด ปริมาตรน้อย ชนมาก ความดันมาก

นักเรียนเลือกคำตอบถูกและเขียนอธิบายเหตุผลองค์ประกอบสำคัญของคำตอบหรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)


10. การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแก๊สและสมบัติของแก๊สข้อใด ผิด

ก. กระป๋องสเปรย์เมื่อถูกความร้อนอาจจะระเบิดได้ ✓

ข. การทำป๊อบคอน : ในเมล็ดข้าวโพดจะกลายเป็นไอ เมื่อถูกความร้อนทำให้แก๊สขยายตัว

ค. ขนมถ้วยฟู : เมื่อให้ความร้อนทำปฏิกิริยากับผงฟูจะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และขยายตัวแทรกผ่านเนื้อขนม

ง. การช่วยคนที่มีอาหารติดหลอดลมทำได้โดยใช้มือที่ประสานกันกดลงไปบริเวณหน้าท้องจะทำให้ความดันลดลงจะช่วยผลักดันอาหารที่ติดค้างอยู่ลงท้องได้ตามปกติ

แสดงการอธิบายคำตอบ

กดหน้าท้องความดันมาก

ภาพที่ 30 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (มโนมติที่ 10)

จากภาพที่ 30 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนเลือกคำตอบและอธิบายสถานการณ์สอดคล้องกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สไม่ชัดเจน ดังตัวอย่าง กดหน้าท้องความดันมาก

ตารางที่ 19 แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนแต่ละกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) (N=30)									
	CU	ร้อยละ	PU	ร้อยละ	PS	ร้อยละ	AC	ร้อยละ	NU	ร้อยละ
1	6	20.00	17	56.67	7	23.33	0	0.00	0	0.00
2	4	13.33	20	66.67	6	20.00	0	0.00	0	0.00
3	2	6.67	19	63.33	9	30.00	0	0.00	0	0.00
4	23	76.67	4	13.33	3	10.00	0	0.00	0	0.00
5	14	46.67	12	40.00	4	13.33	0	0.00	0	0.00
6	20	66.67	6	20.00	4	13.33	0	0.00	0	0.00
7	20	66.67	8	26.67	2	6.67	0	0.00	0	0.00
8	18	60.00	10	33.33	2	6.67	0	0.00	0	0.00
9	14	46.67	16	53.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10	18	60.00	7	23.33	5	16.67	0	0.00	0	0.00
เฉลี่ย	-	46.33	-	39.67	-	14.00	-	0.00	-	0.00
รวม	86.00				-	14.00	-	0.00	-	0.00

หมายเหตุ CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 19 พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) คิดเป็นร้อยละ 46.33 รองลงมาคือนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คิดเป็นร้อยละ 39.67 และ 14.00 ไม่พบนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (AC) และไม่เข้าใจมโนมติ (NU)

สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 86 และนักเรียนมีความเข้าใจมโน

มติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มต่ำกว่าความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 14

3.2 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One sample t-test ปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$ (n=30)	S.D.	μ0 (75%)	t	df	p
หลังเรียน	30	23.53	2.64	22.50	2.147*	29	0.040

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 20 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 23.53 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถสรุปผลได้ตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายของวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

1. ความมุ่งหมายของวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

2. สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมาย ดังนี้

1. การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ของของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ออกเป็นมโนมติย่อยจำนวน 10 มโนมติ ได้แก่ มโนมติ เรื่อง กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก กฎรวมแก๊ส กฎของอาโวกาโดร กฎแก๊สอุดมคติ กฎความดันย่อยของดอลตัน ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมและการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 86

2. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 23.53 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่ามีประเด็นที่นำมาอภิปราย ดังนี้

1. การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์

การศึกษาเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 86 และนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มต่ำกว่าความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 14 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างและปรับปรุงจำลอง นักเรียนแต่ละคนได้สร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้กลับไปคิดทบทวนความรู้เก่าและนำมาใช้กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งการสร้างแบบจำลองทำให้เข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Gilbert,2005) หลังจากนั้นนักเรียนยังได้ใช้และประเมินแบบจำลองด้วยตนเอง โดยจะได้ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยกิจกรรมจะเป็นการปฏิบัติการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น โปรแกรม PhET วิดีโอต่าง ๆ ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงและเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้นและมีการปรึกษาแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในกลุ่มเพื่อแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มให้สามารถอธิบายสถานการณ์ได้ดียิ่งขึ้น นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจและพัฒนาความเข้าใจมโนมติในเรื่องนั้น ๆ ได้ (Gabel, 1998) หลังจากนั้นนักเรียนนำแบบจำลองที่ได้ไปอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น ในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จะเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมต่าง ๆ โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้ออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นการใช้สถานการณ์นำเข้าสู่มโนมตินั้น ๆ การใช้คำถามเชื่อมโยงความรู้ การใช้สื่อไม่ว่าจะเป็นภาพ วิดีโอหรือโปรแกรมต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้อง และจากตารางที่ 19 มโนมติที่มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์มากที่สุด คือ มโนมติเรื่อง กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม ซึ่งอาจเป็นเพราะในการจัดการเรียนรู้

โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม มีการยกสถานการณ์การแพร่ของแก๊ส 2 ชนิดในหลอดปลายปิดและให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองด้วยตนเองคาดคะเนผลการทดลองที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ความรู้เดิมที่มีและหลังจากสร้างแบบจำลอง นักเรียนได้เห็นผลการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลการทดลองร่วมกับครูผู้สอนและนำไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ใกล้ตัวที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและเนื้อหาของกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮมได้ดี และในมโนมติที่มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์น้อยที่สุด คือ มโนมติเรื่อง กฎรวมแก๊ส อาจเป็นเพราะการสร้างแบบจำลองในรูปแบบสัญลักษณ์และคำอธิบายโดยไม่มีสถานการณ์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคของแก๊สค่อนข้างเป็นไปได้ยากสำหรับนักเรียน จึงทำให้นักเรียนอยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์น้อย สอดคล้องกับวิมล สำราญวานิช (2554) ได้กล่าวว่า การมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง นักเรียนก็จะสามารถเชื่อมโยงความรู้ประสบการณ์เดิมเข้ากับสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่ได้และก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปพัฒนาให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของนิภาภรณ์ จันทะโยธา (2558) ที่ศึกษาการพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น มีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีมโนมติของนักเรียนได้ดีและงานวิจัยของกวิน นวลแก้วและสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2561) ที่ศึกษาการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง โครงสร้างที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สของคน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้นหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

การศึกษาเพื่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 23.53 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการเรียนรู้ส่งเสริมความคิดของตัวผู้เรียน และช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อใช้ในการอธิบายสิ่งนั้น ๆ ให้เข้าใจมากขึ้น การจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วยการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถามและเสนอสถานการณ์เพื่อเพิ่มความน่าสนใจ จากนั้นนักเรียนจะสร้างแบบจำลองจากสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม โดยการสร้างแบบจำลองในขั้นนี้เป็น

การทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อต่อยอดสู่ความรู้ใหม่ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีวัตุประสงค์เพื่ออธิบายสถานการณ์นั้น ๆ หลังจากนั้นจัดกลุ่มนักเรียน นักเรียนจะได้เปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองและเพื่อนและร่วมกันแสดงความคิดเห็นและปรึกษากันจนได้แบบจำลองของกลุ่มออกมาใช้และประเมิน โดยขั้นนี้นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนทราบถึงข้อเท็จริงที่เกิดขึ้น ทำการประเมินแบบจำลองของตนสามารถอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ ทำการปรับปรุงแก้ไขและนำไปใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อขยายความรู้ให้กว้างขึ้น เมื่อนักเรียนเข้าใจในเนื้อหาจะทำให้ต่อยอดสู่การวิเคราะห์และนำไปใช้ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การใช้สื่อการเรียนรู้แทนอนุภาค อะตอม โมเลกุล ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ประกอบยังช่วยให้นักเรียนได้เห็นภาพเป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น เช่น การใช้สื่อที่เป็นภาพเคลื่อนไหว โปรแกรม PhET หรือวิดีโอต่าง ๆ และในแต่ละแผนการเรียนรู้นักเรียนได้ฝึกทำแบบทดสอบด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนและรู้ถึงข้อบกพร่องของตนเองและในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีการการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่ม ซึ่งทำให้นักเรียนได้ช่วยเหลือกันมากขึ้น มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนนั้น ทักษะที่สำคัญก็คือการแสวงหาความรู้ได้จากหลายแหล่งความรู้โดยเฉพาะความรู้จากเพื่อนในกลุ่มเป็นแนวทางที่จะทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีประสิทธิภาพ (ปียะมาศ ชาติมนตรี, 2550; ดวงเดือน เทพนวล, 2556) จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลให้นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดียิ่งขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Esra Bilal and Mustafa Erol (2012) ที่ศึกษาผลของการสอนโดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้า พบว่า การสอนด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองช่วยเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในแนวคิดได้และกวิน นวลแก้วและสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2561) ที่ศึกษาการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง โครงสร้างที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สของคนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้นหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียน

4. ข้อเสนอแนะ

4.1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

4.1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบที่นักเรียนไม่คุ้นชิน ครูจึงควรอธิบายความหมายของแบบจำลองและกำหนดแบบจำลองที่ใช้ในแต่ละครั้งให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจได้ถูกต้อง รู้ถึงบทบาทหน้าที่ของตนเองในการจัดการเรียนรู้

4.1.2 การเสนอสถานการณ์การสร้างแบบจำลองควรนำเสนอสถานการณ์ที่เข้าใจง่ายและเป็นสถานการณ์เช่นเดียวกับการใช้และประเมินแบบจำลองซึ่งเป็นขั้นที่ผู้สอนได้มีการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้ และอธิบายสถานการณ์ที่ศึกษา เพื่อที่ให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจสถานการณ์อย่างต่อเนื่องจากขั้นการสร้างแบบจำลองและลดความสับสนของนักเรียน

4.1.3 ผู้สอนควรมีการจัดสรรเวลาในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละขั้นให้ชัดเจนและเหมาะสมกับกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อให้ดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง

4.1.4 ในการสร้างแบบจำลองในเรื่อง กฎรวมแก๊สและแก๊สอุดมคติ เป็นการสร้างแบบจำลองรูปแบบของสัญลักษณ์และคำอธิบาย ซึ่งยากต่อผู้เรียนเนื่องจากไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมได้ การวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจใช้แบบจำลองในรูปแบบอื่น ๆ หรือจัดการนำเสนอให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้แอนนิเมชั่นหรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

4.2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

4.2.1 ขณะทำกิจกรรมนักเรียนมีการพูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ถูกต้อง ซึ่งแสดงออกถึงทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

4.2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้จึงควรนำไปใช้การพัฒนาในระดับชั้นอื่น ๆ และกับเนื้อหาอื่น ๆ ในวิชาเคมี เช่น พันธะเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กรดเบสและเคมีไฟฟ้า เป็นต้น

4.2.3 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่ได้ตามจุดมุ่งหมายทั้งหมด จะเห็นได้จากผลการวิจัยที่นักเรียนพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มที่ต่ำกว่าความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มความเข้าใจที่สมบูรณ์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำเทคนิคอื่น ๆ มาร่วมด้วย เช่น การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นถึงโมเลกุล อนุภาคได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแหงชาติ พุทธศักราช 2542 และ แกไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

กวิน นวลแก้ว และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ.(2561) การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง โครงสร้างที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สของคนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน.รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ วิจัย ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และ สุลัดดา ลอยฟ้า. (2545). ปฏิรูปการเรียนรู้สู่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. วารสารส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอน, 11(1), 1–12

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

จิราภรณ์ กุลพิมล.(2563) การเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้น. มัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ .วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา . (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนะพงศ์ คำทา. (2560). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Predict-Discuss-Explain-ObserveDiscuss-Explain (PDEODE). *ฐาน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ชวลิต ชูกำแพง .(2550).การประเมินการเรียนรู.มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Modelbased Learning. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์,29(3), 91-93

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ. กรุงเทพฯ: บริษัท วิสต้า อินเตอร์ปริ้นท์ จำกัด.

ฐิติมา กันชัยภูมิ. (2560). ผลการจัดการเรียนนรู้โดยใช้ลำดับขั้นการเรียนการสอนที่เน้นแบบจำลองเป็นศูนย์กลางที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร

มหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์.(2558). การศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณราภรณ์ บุญกิจ.(2553).ตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสง จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย.การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 11. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ดวงเดือน เทพนวล. (2556, เมษายน-กันยายน). การพัฒนาพฤติกรรมด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยใช้วิธีการสอนแบบกระบวนการกลุ่ม. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่14(12).

ทวีพันธุ์ บุญชิ. (2554) ผลการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อาหารและสารอาหาร . มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทวีป บรรจงเปลี่ยน.(2540).การศึกษาการเปรียบเทียบความเข้าใจโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกสีเขียว ของนักเรียนชั้นมธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามทฤษฎีของ Posner และคณะกับการสอนปกติ.วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทิฆัมพร สิงห์ชัยภูมิ และ สุมาลี ชัยเจริญ. (2559). *การออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่องสารรอบตัวสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2(4), 69-75.

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน.(2561). การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ทิศนา แขมมณี.(2540). การวิจัยทางการศึกษา.กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทิศนา แขมมณี.(2550). *การสอนจิตวิทยาการเรียนรู้ เรื่องศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี.(2560). ศาสตร์การสอน : *องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 21.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เทิดชัย บัวผาย (2559). *ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง.* (ออนไลน์) สืบค้นจาก https://maysasipreeya.wordpress.com

ธีรตา ชาติวรรณ(2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีทที่ 4 เรื่องพันธะควาเลนต์.* วิทยานิพนธ์ ปริญญา ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2545). เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (1046405).อุบลราชธานี : คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี,

นัฏฐพร กมลทิพย์. (2554). *การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นรินทร รัตนทา.(2554).ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประยุกต์ใช้กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องธาตุกัมมันตรังสีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นิภา เมธาวิชัย. (2536). การประเมินผลการเรียน. (พิมพครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ :สถาบันราชภัฏธนบุรี.

นิภาภรณ์ จันทะโยธา. (2558). *การพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส*.วิทยานิพนธ์ ปริญญา ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548). *การปรับเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม*. วารสารวิจัย มข. ฉบับบัณฑิตศึกษา, 5(2), 152-164.

นงนาฏ รัตนประภา. (2551). *การศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พืช*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาบัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

เบญจพร อินทรสด.(2553). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง*

รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยการสืบเสาะแบบแนะนำกับการสืบเสาะสำเร็จรูป.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลับอุบลราชธานี

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2551). การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงความคิด. วารสารศึกษาศาสตร์, 31,35–40.

ประมวล วิโย. (2551). *ผลการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อน วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้เอกสารอ่านประกอบ ซึ่งสร้างตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์และคณะ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประวิต เอราวรรณ์. (2542). การวิจัยในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ : ดอกหญ้าวิชาการ.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). วิจัยการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปียะมาศ ชาติมนตรี. (2550). การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการกลุ่มแบบร่วมมือโดยใช้สวนพฤกษศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่1. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ปราณี หลำเบ็ญสะ. (2559). การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร.(2563).รายงานการพัฒนาคุณภาพการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2563.กาฬสินธุ์ : โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร.

พงศธร ทิพรักษ์ (2554).การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2557). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบ-เทียบเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.พรรณวิไล ชมชิด. (2550). การใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. คณะศึกษาศาสตร์:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรรณวิไล ชมชิด.(2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. นิตยสาร สสวท, 163, 33-34

พรรณวิไล ชมชิด. (2557). พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ.

ไพศาล วรคำ.(2562).การวิจัยทางการศึกษา = Educational research.มหาสารคาม : ตักสิราการพิมพ์

ไพศาล หวังพานิช. 2526. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร:ไทยวัฒนาพานิช

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.*วิทยานิพนธ์ ปริญญา ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มณีกานต์ หินสอ. (2549). *ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรือง ระบบการไหลเวียนโลหิตในร่างกายมนุษย์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงเมือใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ.*รายงานการศึกษาอิสระ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.(2531).เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา(พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร :สุวีริยาสาส์น

วนิดา ดีแป้น. (2553). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเลย โดยการวิเคราะห์พหุระดับ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

วัลลภ ปริญทอง.(2563). การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน.ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วิมล สำราญวานิช.(2554) *.การเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน* , EDGKKUJ, vol. 5, no. 4, pp. 102-109, 1.

วรรณจรีย์ มังสิงห์. (2541). *เอกสารประกอบการสอน วิชาการเรียนรู้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์.* มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรวัฒน์ ศีลบุตร. (2560). การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และความคิดสร้างสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 6 ด้วยกิจกรรมการเรียนรูโดยใชแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด.วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกลาธนบุรี.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.

ศุภพงศ์ คล้ายคลึง. (2548).การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และทักษะ การ ทดลอง โดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์. สาระนิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุนิษา คำสะอาดและวิมล สำราญวานิช (2558). *การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการสืบพันธุ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามแนวคิดของ Hewson & Hewson (2003):*วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรชิต ชูแสง. (2559). การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต โดยการจัดการเรียนรูโดยใชแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใชมโนภาพพลวัต.วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์.(2538). วิธีการสอน. กรุงเทพฯ: สยามสปอร์ต ซินดิเคท,

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.

สมเจตน์ อุระศิลป์ . (2553). การสำรวจและปรับแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้โมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิศรี สุภาษร. (2554). “การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง พันธะเคมีตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ”, วารสารวิจัยมข. 1(1): 35-57

สมนึก ภัททิยธนี. (2558). การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 10. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมพร เชื้อพันธ์. (2547). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). พระนครศรีอยุธยา: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

สุวิชา วันสุดล. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตรและความสามารถในการคิดแก ปัญหาทางวิทยาศาสตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู โดยใช

เทคนิคการสอนแบบ 4 MAT และการจัดการเรียนรู้โดยใชรูปแบบซิปปา. วิทยานิพนธ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพชุมนุมสหกรณการเกษตรแหงประเทศไทย จำกัด.

อรัญนี ลอยหา. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ประกอบผังมโนทัศน์ เรื่อง ของแข็ง ของเหลวก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ใน วิทยานิพนธ์การศึกษาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

อารยา และคณะ. (2558). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฮามีดะ มูสอ.(2555). การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/ กรุงเทพฯ.

Abraham, M. R., Williamson, V. M. & Westbrook, S. L.. (1994). A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concepts. Journal of Research in Science Teaching,29(2), 147-165.

Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. Chemistry Education Research and Practice, 17(May), 788-807.

Alparslan, C., Tekkaya, C., & Geban, Ö. (2003). Using the conceptual change instruction to improve learning. Journal of Biological Education, 37(3), 133–137.

Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.

Barak, M. and R. Hussein-Farraj. (2013). "Integrating Model-Based Learning and Animations for Enhancing Students' Understanding of Proteins Structure and Function." Research in Science Education 43: 619-636.

Bell, B.F. (1993). *Children science, constructivism and learning in science*. Gelong :

Deakin University Press.

Bell, P. H. (1995). How far does light do? Individual and collaborative sense-making of scientific evidence. In the Annual Conference of the American Educational Research Association. San Francisco, CA.

Bilal, E., & Erol, M. (2012). Effect of teaching via modeling on achievement and conceptual understanding concerningelectricity. Journal of Baltic Science Education, 11(3), 236-247.

Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model based learning in Biology. International Journal of Science Education, 22(9), 895–935.

Clement, P. (2007). Introducing the Cell Concept with both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach. Science and Education. 16, 423-440.

Coll, R., & Taylor, T. (2001). *Using constructivism to inform tertiary chemistry pedagogy. Chemistry education*: research and practice in Europe, 2(3), 215-226.

Demircioglu, G., Ayas, A., & Demircioglu, H. (2005). Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. Chem. Educ. Res. Pract., 6(1), 36–51.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education, 25(6), 671–688.

Ebel, R.L. and Frisbie, D.A. 1986. Essentials of Educational Measurement. 4th ed. Englewood Cliffs ,New Jersey: Prentice-Hall.

Esra Bilal and Mustafa Erol.(2012). Effect of teaching via modeling on achievement and conceptual understanding concerning electricity. Journal of Baltic Science Education 11(3):236-247

Gabel, D. (1993). *Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding*.Journal of Chemical Education, 70(3), 193-194.

Gabel, D. (1999). *Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future*. Journal of Chemical Education, 76(4), 548-554.

Gilbert, J.K. & Boulter, C. (1998). Learning science through models and modelling.In B.

Fraser & K. Tobin (Eds.), International handbook of science education,Vol.2(pp. 53–66). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J.K. Boulter, C.J. and Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and In Design and Technology Education. In Gilbert, J.K. Boulter, C.J., Developing Models in Science Education, pp.3-17. Netherlands : Kluwer Academic.

Gilbert, J. K. (2004). *Model and modeling: Routes to a more authentic science education*. International Journal of Science Education and Mathematics**,** 2, 115–130.

Gilbert, J. K. (2005). Visualization in science education. Netherlands: Springer.

Gilbert, J. K. (2006). *On the nature of context in chemical education*. International Journal of Science Education, 28(9), 957-976.

Gilbert JK, Justi R. (2016). Modelling-Based Teaching in Science Education. Vol 9. Springer International Publishing

Gilbert, S. W. and Ireton, S. W. (2003). Understanding Models in Earth and Space Science.Arlington: NSTA Press.

Gobert. J. D. & Buckley. B. C. (2002). Introduction to Model-based teaching and learning in Science Education. Intemational Journal of Science Education,22(9).891-8946

Goodwin, W. L., & Klausmeier, H. J. (1975*). Facilitating student learning: An introduction to educational psychology*. New York: Harper & Row.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. and Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of research in science teaching*, 28(9), 799–822.

Guttersrud Ø. (2007). Mathematical Modelling in UpperSecondary Physics Education. Defining,Assessingand Improving Physics Students' MathematicalModelling Competency PhD thesis University of Oslo, Department of Physics

Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conception of the conservation of Matter and related concepts. Journal of Research in Science Teaching. 34(2): 181–197.

Hewson, M.G. & Hewson, P.W. (1983). Effect of instruction using students, prior

knowledge and conceptual change strategies on science learning. [n.p.].

Hewson, Mariana G. and Hewson, Peter W. (2003). Effect of instruction using students' prior knowledgeand Conceptual change strategies on science learning. Journalof Research Teaching, 25(8), 35-43.

Justri, R. and Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. International Journal of Science Education, 24, 369–387.

Kenyon, L., Schwarz, V. C., & Hug,B. (2008). The benefits of scientific modeling. Science and Children,46(2),41-44.

Kaplan, A. (1964). The Conduct of Inquiry. San Francisco, CA: Chandler.

Kemmis, S & rabin Mc Taggart. (1998). The action research planner. (3rd ed). Victoria: Deakin University Press.

Khan, S. (2008). Model-based teaching as a source of insight for the design of aviable science simulation. Technology instruction Cognition and Learning, 6(2), 63-78.

Lee,S.,& Kim, H.(2013). Exploring swcondary student' epistemological features depending on the evaluation levels of the group model on blood circulation. Science Education,23,1075-1099

Lu H, Jiang Y, Bi H. Development of a measurement instrument to assess students' proficiency levels regarding galvanic cells. Chem Educ Res Pract. 2020;21(2):655-667.

Mala, P.F.. & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium though modelling-based teaching. Intemnational Journal of Science Education, 31(6), 603-630

Mendonca, C.. & Justi, R. (2010). Contribution of the model of modelling alagram to the learning of Ionic bonding: Analysis of a case study. research science educalion, 41,479-503

Mungsing. (1 9 9 3) . Student s' Alternative Conceptions about Genetics and The Use of Teaching Strategies for Conceptual Change. University of Alberta. rate for grade 11 students," Chemistry Education Research and Practice. 16, 121-132.

Norman, D. (1983). *Some observations on mental models*. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.). *Mental models*. (pp.7-14). Hillsdale NJ: Erlbaum.

Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995).. Journal of research in Science Teaching, 32, 45-

61.

Odum, A.L., and Kelly,P.V. (2001). Intregrating concept mapping and the learning cycle to teachdiffusion and osmosis concept to high school biology student. Science Education 85 :615-635.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66, 211-227.

Posner, G.J. et al. (1982). Accommodation of a Scientific Conceptual Change. Science Education, 66(2), 211- 227.

Romay, William D. (1970). *Inquiry technique for teaching Science*. p. 16505 – 4.New Jercy : Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs.

Schwartz, R.S. and Lederman.(2005). N.G. *Scientists' views of scientific models and modeling. Paper presented as part of the symposium "International perspectives of scientific models and modeling" at the Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Dallas, TX, April, 2005.

Stewart, J., Cartier, J. L., & Passmore, C. M. (2005). *Developing understanding through model-based inquiry. In M. S. Donovan & J. D. Bransford (Eds.), How students learn (pp. 515-565). Washington, DC*: National Research Council.

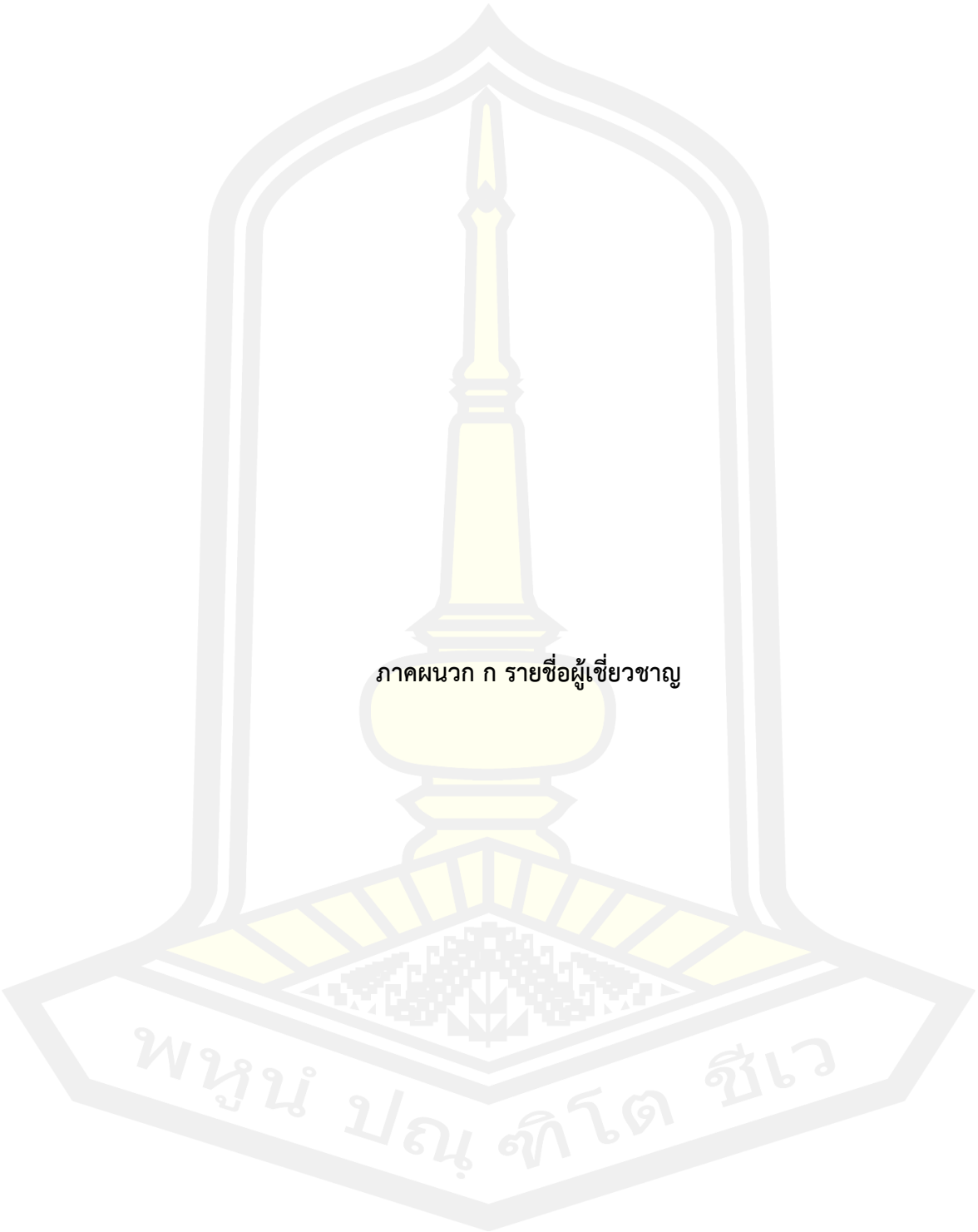
Tien, T. L., Teichert, A. M. & Rickey, D. (2007). *Effectiveness of a MORE Laboratory Module in Prompting Students To Revise Their Molecular-Level Ideas about Solutions. Journal of chemical education*, 84(1). pp. 175-181.

Treagust D.F. (1988). Development and use of diagnostic tests of evaluate students misconceptions in science. International Journal of Science Education.10(2).159-169 pp.

Westbrook, S. L. & Marek, E.A. (1991). *A Cross-Age Study Of Student Understanding Of The Concept Of Diffusion, Journal of Research in Science Teaching*, v.28, n.8, 649–660.

Windschitl, M., Thompson, J. and 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 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1) รองศาสตราจารย์ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน การศึกษาดุษฎีบัณฑิต อาจารย์ประจำภาควิชาภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานวิจัย

2) รองศาสตราจารย์มนตรี วงษ์สะพาน การศึกษาดุษฎีบัณฑิต ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

3) อาจารย์มังกร ศรีสะอาด วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เคมี) อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

4) นายโสภณ นาตรีชน การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบัวขาว สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดกาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

5) นางวรีวรรณ ทวีบท การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี 3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แก๊สและสมบัติของแก๊ส มัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง กฎของชาร์ล เวลาเรียน 2 คาบ (100นาที)

ครูผู้สอน นางสาวบุณยานุช วิชัยโย

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร

สอนห้อง 5/2 วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

---

1. ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ

2.สาระสำคัญ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์–ลูสแซก

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวินจะได้จุดคัดแกนของกราฟที่ 0 เคลวินและอัตราส่วนระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สในหน่วยเคลวินได้ค่าคงที่ ดังนั้น ปริมาตร (V)จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ เรียก กฎของชาร์ล สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V \propto T$$

$$V = \text{ค่าคงที่} \times T$$

$$VT = \text{ค่าคงที่}$$

จากความสัมพันธ์ กฎของชาร์ล สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

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

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆตามกฎของชาร์ล(K)

3.2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส(P)

3.3. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของชาร์ล (P)

3.4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส (P)

3.5 นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมีความใฝ่เรียนรู้ (A)

4. สาระการเรียนรู้

ในการทดลองจุ่มกระบอกฉีดยาซึ่งบรรจุน้ำจำนวนหนึ่งลงในน้ำร้อน น้ำในกระบอกฉีดยาจะถูกดันออกในทางตรงกันข้าม ถ้าจุ่มกระบอกฉีดยาลงในน้ำเย็น น้ำจากภายนอกจะเข้าไปแทนที่อากาศในกระบอกฉีดยา นั่นคือ การเพิ่มอุณหภูมิมีผลให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น และการลดอุณหภูมิมีผลให้ปริมาตรของแก๊สลดลงด้วย แสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส การเปลี่ยนแปลงนี้ใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายได้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเพิ่มขึ้น โมเลกุลของแก๊สจึงเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้โมเลกุลชนกันเองและชนผนังภาชนะมากขึ้น รวมทั้งพลังงานในการชนกันสูงขึ้นด้วย เป็นผลให้ความดันของแก๊สในกระบอกฉีดยาสูงขึ้นด้วย จึงดันน้ำออกจากกระบอกฉีดยาจนความดันของแก๊สภายในเท่ากับภายนอก จึงสังเกตเห็นว่าแก๊สในกระบอกฉีดยามีปริมาตรเพิ่มขึ้น ในกลับกันเมื่อลดอุณหภูมิ พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สในกระบอกฉีดยาจะลดลง ทำให้การชนกันเองระหว่างโมเลกุลของแก๊สและการชนผนังภาชนะน้อยลง รวมทั้งพลังงานในการชนลดลง ความดันของแก๊สในกระบอกฉีดยาจึงต่ำ อากาศภายนอกซึ่งมีความดันสูงกว่าจึงดันน้ำให้เข้าไปในกระบอกฉีดยา ความดันภายในจึงเพิ่มขึ้นจนเท่ากับความดันภายนอก จึงสังเกตเห็นว่าปริมาตรของแก๊สในกระบอกฉีดยาลดลงจนกระทั่งคงที่ ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตร(V) จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ(T) สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V \propto T$$

$$V = \text{ค่าคงที่} \times T$$

$$VT = \text{ค่าคงที่}$$

จากความสัมพันธ์ กฎของชาร์ล สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

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

5.กระบวนการเรียนรู้

5.1 การสร้างแบบจำลอง (Model Formation) (15นาที)

5.1.1 ครูทบทวนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊ส ตามกฎของบอยล์ โดยการตั้งคำถาม

1. จากการทดลองของบอยล์ทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊สเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ : ปริมาตรของแก๊สแปรผกผันกับความดันของแก๊ส)

2. สูตรการคำนวณปริมาตรหรือความดันของแก๊สที่สองสภาวะ (แนวคำตอบ : $P_1V_1 = P_2V_2$)

ข้อที่ 1 แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 500 cm^3 ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 27 °C เมื่อลดปริมาตรของแก๊สลงเหลือ 100 cm^3 โดยอุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ วัดความดันได้ 4 บรรยากาศ จงคำนวณหาว่าความดันที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนไปจากความดันที่เป็นไปตามกฎของบอยล์กี่เปอร์เซ็นต์

แนวคำตอบ : $P_1V_1 = P_2V_2$

$(1 \text{ atm})(500 \text{ cm}^3) = P_2(100 \text{ cm}^3)$

$P_2 = 5 \text{ atm}$

ความดันที่ได้ 4 atm ความดันตามกฎของบอยล์ 5 atm

ร้อยละความดันที่วัดได้ของความดันที่เป็นไปตามกฎของบอยล์

$$= \frac{4 \times 100}{5} = 80$$

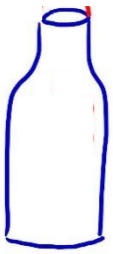
ร้อยละความดันที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนไปจากความดันที่เป็นไปตามกฎของบอยล์

$= 100 - 80 = 20$

5.1.2. ครูนำเสนอสถานการณ์พร้อมอธิบายวิธีการทำ โดยให้นักเรียนคาดเดาผลการทดลองที่ได้โดยการเขียนออกมาให้รูปแบบแบบจำลอง ดังการทดลองต่อไปนี้

นำขวดพลาสติก 2 ขวด จุ่มลงในน้ำที่สมน้ำยาล้างจาน จนเกิดฟิล์มบางๆที่ปากขวด ขวดใบที่ 1 แช่ในน้ำร้อน ขวดใบที่ 2 แช่ในน้ำผสมน้ำแข็ง นักเรียนคิดว่าฟิล์มบนปากขวดของใบที่ 1 และ 2 จะเป็นอย่างไร อุณหภูมิและปริมาตรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

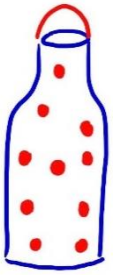
กำหนดให้



แทนขวดพลาสติก

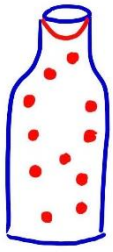
แทนอนุภาคของแก๊ส

5.1.3 ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง 2 สถานการณ์ได้แก่ ขวดพลาสติกแช่ในน้ำร้อนและแช่ในน้ำผสมน้ำแข็ง กำหนดให้ทั้ง 2 สถานการณ์บรรจุแก๊ส 10 อนุภาคเท่ากัน ความดันคงที่ และอธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นและการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและอุณหภูมิ โดยเขียนออกมาในรูปแบบรูปภาพและคำพูด



แช่ในน้ำร้อน (อุณหภูมิสูง)

ฟิล์มบางๆที่ปากขวดมีลักษณะนูน ลักษณะเว้าลง ปริมาตรมากขึ้น



แช่ในน้ำผสมน้ำแข็ง (อุณหภูมิต่ำ) ขึ้น ฟิล์มบางๆที่ปากขวดมีปริมาตรน้อยลง

(แบบจำลอง แบบรูปภาพและคำพูด)

5.1.4 ครูสุ่มนักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเอง

5.2. การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and Evaluation of the Model) (25 นาที)

5.2.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มๆละ 6 คนและให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแบบจำลองให้ได้แบบจำลองของกลุ่ม

5.2.2 ครูจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีต่อไปนี้ วางไว้ที่โต๊ะปฏิบัติการหน้าห้องเรียน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดพลาสติกใสชนิดไม่ยุบตัวเมื่อถูกความร้อน ขนาด 500 mL
2. บีกเกอร์ขนาด 500 mL
3. น้ำ
4. น้ำยาล้างจาน
5. น้ำร้อน
6. น้ำแข็ง

5.2.3 ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สให้กับนักเรียน และให้นักเรียนศึกษาวิธีการทดลองว่ามีขั้นตอนอย่างไรบ้าง

5.2.4 ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนความเข้าใจในวิธีการทดลองที่นักเรียนศึกษา ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 มีวิธีทำอย่างไร (แนวคำตอบ: ผสมน้ำและน้ำยาล้างจานในอัตราส่วน 2: 1 ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1)

2. ขั้นตอนที่ 2 มีวิธีทำอย่างไร (แนวคำตอบ: จุ่มปากขวดพลาสติกลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 เพื่อให้เกิดแผ่นฟิล์มบางๆของน้ำยาล้างจานปิดที่ปากขวด สังเกตลักษณะของฟิล์มที่ปากขวด)

3. ขั้นตอนที่ 3 มีวิธีทำอย่างไร (แนวคำตอบ: เทน้ำร้อนใส่บีกเกอร์ใบที่ 2 โดยให้น้ำร้อนมีระดับความสูงประมาณ 2 cm แล้ววางขวดพลาสติกที่เตรียมไว้ลงในบีกเกอร์ โดยหงายปากขวดขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง)

4. ขั้นตอนที่ 4 มีวิธีทำอย่างไร (แนวคำตอบ : ทำซ้ำข้อ 2-3 เปลี่ยนจากน้ำร้อนเป็นน้ำผสมน้ำแข็งแทน)

5.2.5 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับอุปกรณ์และสารเคมีที่โต๊ะปฏิบัติการหน้าห้องเรียน พร้อมกับครูให้คำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนและความปลอดภัยขณะทำการทดลองเพิ่มเติม

5.2.6 ครูให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมการทดลอง โดยครูดูแลให้คำแนะนำและสังเกตพฤติกรรมในระหว่างนักเรียนทำการทดลองให้ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามว่าถึงขั้นไหนและได้ผลอย่างไรเพื่อให้เกิดนักเรียนมีสมาธิและให้ความสนใจอยู่กับการทำการทดลอง

5.2.8 ครูสุ่มนักเรียน 2 กลุ่ม ออกมานำเสนอผลการทดลองที่ได้

5.2.9 ครูถามนักเรียนกลุ่มที่เหลือว่าได้ผลการทดลองเหมือนหรือแตกต่างจากเพื่อนที่นำเสนอหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ: ถ้าแตกต่าง ให้ออกมานำเสนอเพิ่มเติม)

5.2.10 ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายการทดลองเพื่อนำเข้าสู่การสรุปรวมของชั้นเรียน ดังนี้ครูถามคำถามเพื่อทดสอบความเข้าใจกับนักเรียน

1. จำนวนโมลและความดันของอากาศในขวดพลาสติกก่อนทำการทดลลองและหลังการทดลองเสร็จสิ้นมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร แนวคำตอบ : ไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

2. ปริมาตรของแก๊สและอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อแช่ในน้ำร้อน ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้นสังเกตจากฟิล์มนูนขึ้นมา เมื่อแช่ในน้ำเย็น ปริมาตรน้อยลงสังเกตจากฟิล์มเว้าลง)

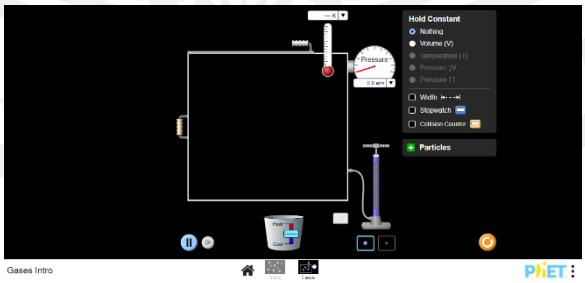
3. สรุปแล้วอุณหภูมิมีผลต่อปริมาตรของแก๊สอย่างไร (แนวคำตอบ : เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรแก๊สก็เพิ่มขึ้นด้วยและเมื่ออุณหภูมิลดลง ปริมาตรแก๊สก็ลดลง)

5.2.11 นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาแบบจำลองของกลุ่มตนเองว่าถูกต้อง เหมาะสมสอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือไม่

5.3 การแก้ไขแบบจำลอง (Model Reversion) (30นาที)

5.3.1. ครูให้นักเรียนแก้ไขปรับเปลี่ยนแบบจำลองเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้นและสุ่มแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของตนเอง

5.3.2 ครูสาธิตการทดลองในโปรแกรม PhET และให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลง

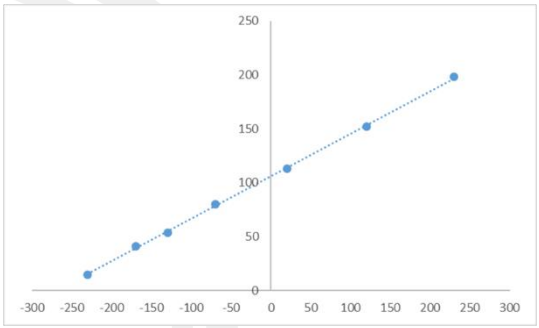


และครูอธิบายเพิ่มเติม (แนวคำตอบ : การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส

เพิ่มขึ้นโมเลกุลของแก๊สจึงเคลื่อนที่เร็วขึ้น โมเลกุลชนผนังภาชนะบ่อยขึ้นและแรงขึ้น ส่งผลให้ความดันของแก๊สหรือแรงต่อพื้นที่สูงขึ้นด้วย)

5.3.3 ครูในนักเรียนสังเกตและเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊ส(แกน y) และอุณหภูมิ(แกนx) ที่ความดันคงที่ได้ผลดังตาราง และถามความถามกับนักเรียน

การทดลองครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาตร (mL)
1	-230	15
2	-170	41
3	-130	54
4	-70	80
5	20	113
6	120	152
7	230	198



1. จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มอุณหภูมิปริมาตรของแก๊สเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ: เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของสารก็เพิ่มขึ้น)

2. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร (แนวคำตอบ: เป็นเส้นตรง)

3. สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ: สมการเส้นตรง y = (ความชันของกราฟ)x + จุดตัดแกน y)

4. จุดตัดแกน x เป็นเท่าไรและจุดนี้เกิดแก๊สมีปริมาตรเท่าไร (แนวคำตอบ: จุดตักแกน x ประมาณ -273 ปริมาตรแก๊ส 0 mL)

5.3.4 ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า (แนวคำตอบ: อุณหภูมิที่แก๊สมีปริมาตรเป็นศูนย์ได้จากจุดตัดแกน x ของกราฟ สอดคล้องกับอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์(absolute zero) หรือ 0 เคลวิน (K) ที่นำเสนอโดยวิลเลี่ยมทอมสันหรือลอร์ดเคลวินและมีค่าเท่ากับ -273.15 องศาเซลเซียส) จากนั้นอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสและเคลวิน (แนวคำตอบ : T(K) = 273.15 + T(°C))

5.3.5 ครูอธิบายว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน เมื่อความดันและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ เรียกว่า กฎของชาร์ล (แนวคำตอบ: ถ้าเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวินจะได้จุดคัดแกนของกราฟที่ 0 เคลวินและอัตราส่วนระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สในหน่วยเคลวินได้ค่าคงที่ ดังนั้น ปริมาตร(V)จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ เรียก กฎของชาร์ล สามารถเขียนแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V \propto T$$

$$V = \text{ค่าคงที่} \times T$$

$$PT = \text{ค่าคงที่}$$

จากความสัมพันธ์ กฎของชาร์ล สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

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

5.3.6 ครูอธิบายวิธีการคำนวณปริมาตรและความดันของแก๊ส โดยใช้ตัวอย่าง 3 และ 4 จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ

ตัวอย่างที่ 1 แก๊สไนโตรเจนในกระบอกสูบปริมาตร 250 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 373 เคลวิน เมื่ออุณหภูมิลดลงเป็น 273 เคลวิน โดยความดันของแก๊สไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาตรสุดท้ายของแก๊สเท่าใด

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

$$\frac{250\ mL}{373\ K} = \frac{V_2}{273K}$$

$$V_2 = \frac{(250\ \text{mL})(273\text{K})}{373K}$$

$$V_2 = 183\ \text{mL}$$

ตัวอย่างที่ 2 แก๊สชนิดหนึ่งมีความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส บรรจุไว้ในภาชนะที่ยืดหยุ่นได้ เมื่อนำภาชนะที่บรรจุแก๊สนี้ไปจุ่มลงในของเหลวที่กำลังเดือด ที่ความดันคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะขยายตัวจาก 70 มิลลิลิตรเป็น 90 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิกี่องศา

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

$$\frac{70\ mL}{(2+273)} = \frac{90\ mL}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{(90\ \text{mL})(275\text{K})}{70\ mL}$$

$$T_2 = 354\ \text{K}$$

เปลี่ยนเป็นหน่วยองศาเซลเซียส T(°C) = 354-273 = 81 °C

5.4 การขยายแบบจำลอง (Model Elaboration) (30 นาที)

5.4.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดการคำนวณเรื่องกฎของชาร์ลและสุ่มนักเรียนออกมาเฉลย

1. ถ้าต้องการให้แก๊สไฮโดรเจน (H_2) ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งที่ความดันคงที่ ต้องทำาให้อุณหภูมิของแก๊สเป็นกี่องศาเซลเซียส

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

$$\frac{V_1}{(27+273)K} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{(V_2/2)(300\text{K})}{V_1}$$

= 150 K

เปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิให้เป็นองศาเซลเซียสจะได้

T(°C) = 150 – 273 °C

= -123 °C

ดังนั้น ต้องทำาให้อุณหภูมิของแก๊สไฮโดรเจนเป็น -123 องศาเซลเซียส

2. ถ้าบรรจุแก๊สฮีเลียมในลูกโป่ง 10.0 ลิตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แล้วนำาลูกโป่งนี้ไปไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส ลูกโป่งจะมีขนาดเท่าใด ถ้ากำาหนดให้ความดันภายในลูกโป่งคงที่

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

$$\frac{10\ L}{(27+273)K} = \frac{V_2}{(57+273)K}$$

$$V_2 = \frac{(10\ L)(330\text{K})}{300\ K}$$

= 11 L

ดังนั้น ลูกโป่งจะมีขนาด 11.0 ลิตร

5.4.2 ครูใช้คำถามเพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียนดังนี้

1. จากการศึกษาชาร์ลได้ความสัมพันธ์ได้ว่าอย่างไร (แนวคำตอบ : เมื่อความดันและจำนวนโมลของแก๊สคงที่ ปริมาตรจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ)

2. สูตรการคำนวณตามกฎของชาร์ลในแก๊สองสภาวะเขียนได้ว่าอย่างไร

(แนวคำตอบ = $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$)

3. จากการคำนวณอุณหภูมิที่ใช้ในการคำนวณต้องอยู่ในหน่อยอะไร

(แนวคำตอบ : เคลวิน (K))

4. นักเรียนสามารถแปลงจากองศาเซลเซียสเป็นเคลวินได้อย่างไร

(แนวคำตอบ : T(K) = 273.15 + T(°C))

5.4.3 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยใช้ แบบทดสอบ เรื่อง กฎของชาร์ล จำนวน 5 ข้อ

5.4.4 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนทำการเฉลยภายในห้องโดยการสุ่มนักเรียนเฉลยคนละข้อ

5.4.5 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาเรื่องกฎของชาร์ล ว่ามีส่วนไหนไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

5.4.6 ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาหาความรู้และทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมและศึกษาเนื้อหาเรื่อง กฎของเกย์ลูสแซกซึ่งจะเรียนในคาบต่อไป

6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 โปรแกรม PhET

6.2 ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส

6.3 แบบทดสอบเรื่อง กฎของชาร์ล

6.4 power point เรื่อง แก๊สและสมบัติของแก๊ส

6.5 หนังสือเรียน รายวิชาเคมี 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

7.การวัดและการประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้		
	วิธีการวัดผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้(K) 1.นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของชาร์ล	สังเกตจาก/ตรวจคะแนน - การตอบคำถาม - แบบทดสอบ	- การถามตอบ - แบบทดสอบ เรื่อง กฎของชาร์ล	ตอบคำถามถูกร้อยละ 60 ขึ้นไป
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 2. นักเรียนทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส 3.นักเรียนสามารถคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่างๆ ตามกฎของชาร์ล 4.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองรูปภาพแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส	สังเกตจาก/ ตรวจคะแนน -คะแนนใบกิจกรรมที่ 1 -คะแนนแบบทดสอบเรื่องกฎของชาร์ล - การสร้างแบบจำลอง	- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส - แบบทดสอบ เรื่อง กฎของชาร์ล - แบบจำลอง	- แบบทดสอบนักเรียนตอบคำถามได้ร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่าน - ใบกิจกรรมที่ 2 ระดับคุณภาพตั้งแต่ระดับดีขึ้นไป - แบบจำลองมีคะแนน 4 ขึ้นไป

การวัดผลประเมินผลด้าน	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้		
	วิธีการวัดผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านเจตคติ (A) 4.นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและมีความใฝ่เรียนรู้	สังเกตพฤติกรรม	- แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนตามลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพตั้งแต่ระดับพอใช้ขึ้นไป

8. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2

ผลการจัดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์

.....

.....

.....

.....

ผลการประเมินพฤติกรรมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค์ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นางสาวบุณยานุช วิชัยโย)

9. ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นางวรีวรรณ ทวีบท)

ครูพี่เลี้ยง

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของครูหัวหน้ากลุ่มสาระ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นางมณีรัตน์ วรสาร)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหาร/ฝ่ายวิชาการ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายวีระศักดิ์ ไชยขันธุ์)

รองผู้อำนวยการโรงเรียน

วัน.....เดือน.....พ.ศ.....

10.อื่นๆ เช่น แบบทดสอบ

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส

สมาชิกในกลุ่ม

1) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

2) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

3) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

4) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

5) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดพลาสติกใสชนิดไม่ยุบตัวเมื่อถูกความร้อน ขนาด 500 mL
2. บีกเกอร์ขนาด 500 mL
3. น้ำ
4. น้ำยาล้างจาน
5. น้ำร้อน
6. น้ำแข็ง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ผสมน้ำและน้ำยาล้างจานในอัตราส่วน 2 : 1 ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1
2. จุ่มปากขวดพลาสติกลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 เพื่อให้เกิดแผ่นฟิล์มบางๆของน้ำยาล้างจาน
3. เทน้ำร้อนใส่บีกเกอร์ใบที่ 2 โดยให้น้ำร้อนมีระดับความสูงประมาณ 2 cm แล้ววางขวดพลาสติกที่เตรียมไว้ลงในบีกเกอร์ โดยหงายปากขวดขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง)
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 เปลี่ยนจากน้ำร้อนเป็นน้ำผสมน้ำแข็งแทน

ตารางบันทึกปลการทดลอง

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกต
น้ำร้อน	
น้ำเย็น	

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบ เรื่อง กฎของชาร์ล

1. จากการศึกษาชาร์ลได้ความสัมพันธ์เป็นอย่างไรและสามารถเขียนอยู่นรูปการณ์คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้อย่างไร

.....

2. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 26.5 cm^3 ที่ 300 °C เมื่อปริมาตรลดลงเป็น 15.7 cm^3 ถ้าต้องการให้ความดันคงที่แก๊สนี้จะมีอุณหภูมิเท่าใด

.....

.....

.....

.....

3. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 0.5 m^3 อุณหภูมิ 200 K และความดัน 1 atm จงหาปริมาตรของแก๊สนี้ที่อุณหภูมิ 600 K และความดัน 1 atm

.....

.....

.....

.....

4. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 80 cm^3 ที่อุณหภูมิ 45O °C แก๊สนี จะมีปริมาตร เท่าใดที่อุณหภูมิ 0 °C ถ้าความดันคงที่

.....

.....

.....

.....

5. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 30 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 °C ถ้าความดันคงที่ แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น 100 °C

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส

สมาชิกในกลุ่ม

1) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

2) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

3) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

4) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

5) ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาตรของแก๊ส

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดพลาสติกใสชนิดไม่ยุบตัวเมื่อถูกความร้อน ขนาด 500 mL
2. บีกเกอร์ขนาด 500 mL
3. น้ำ
4. น้ำยาล้างจาน
5. น้ำร้อน
6. น้ำแข็ง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ผสมน้ำและน้ำยาล้างจานในอัตราส่วน 2 : 1 ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1
2. จุ่มปากขวดพลาสติกลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 เพื่อให้เกิดแผ่นฟิล์มบางๆของน้ำยาล้างจาน
3. เทน้ำร้อนใส่บีกเกอร์ใบที่ 2 โดยให้น้ำร้อนมีระดับความสูงประมาณ 2 cm แล้ววางขวดพลาสติกที่เตรียมไว้ลงในบีกเกอร์ โดยหงายปากขวดขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง)
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 เปลี่ยนจากน้ำร้อนเป็นน้ำผสมน้ำแข็งแทน

ตารางบันทึกปลการทดลอง

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลที่สังเกต
น้ำร้อน	แผ่นฟิล์มของน้ำยาล้างจานที่ปากขวดจะพองขึ้นมา
น้ำแข็ง	แผ่นฟิล์มของน้ำยาล้างจานที่ปากขวดจะยุบลงไป

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

เมื่อวางขวดพลาสติกในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำร้อน แผ่นฟิล์มของน้ำยาล้างจานที่ปากขวดจะพองขึ้นมา แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของอากาศภายในขวดเพิ่มขึ้นเมื่อวางขวดพลาสติกในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำผสมน้ำแข็ง แผ่นฟิล์มของน้ำยาล้างจานที่ปากขวดยุบลงไป แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิลดลง ปริมาตรของอากาศลดลง

แบบบทดสอบเรื่อง กฎของชาร์ล

1. จากการศึกษาชาร์ลได้ความสัมพันธ์เป็นอย่างไรและสามารถเขียนอยู่นรูปการณ์คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้อย่างไร

ปริมาตร(V)จะแปลผันตรงกับอุณหภูมิ สามารถเขียนอยู่ในรูปที่สามารถใช้คำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้ดังนี้

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

2. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 26.5 cm^3 ที่ 300 °C เมื่อปริมาตรลดลงเป็น 15.7 cm^3 ถ้าต้องการให้ความดันคงที่แก๊สนี้จะมีอุณหภูมิเท่าใด

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

$$\frac{26.5\ cm^3}{(300+273)K} = \frac{15.7\ cm^3}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{(15.7\ cm^3)(573\text{K})}{26.5\ cm^3}$$

$$= 339.48\ \text{K}$$

3. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 0.5 m^3 อุณหภูมิ 200 K และความดัน 1 atm จงหาปริมาตรของแก๊สนี้ที่อุณหภูมิ 600 K และความดัน 1 atm

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

$$\frac{0.5\ m^3}{200\ K} = \frac{V_2}{600\ K}$$

$$V_2 = \frac{(0.5\ m^3)(600\text{K})}{200\ K}$$

$$= 1.5\ m^3$$

4. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 80 cm^3 ที่อุณหภูมิ 45 °C แก๊สนี จะมีปริมาตร เท่าใดที่อุณหภูมิ 0 °C ถ้าความดันคงที่

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

$$\frac{80\ cm^3}{(273+45)\ K} = \frac{V_2}{(273+0)\ K}$$

$$V_2 = \frac{(80\ cm^3)(273\text{K})}{318\ K}$$

$$= 68.68\ cm^3$$

5. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 30 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 °C ถ้าความดันคงที่ แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น 100 °C

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

$$\frac{30\ L}{(273+25)\ K} = \frac{V_2}{(273+100)\ K}$$

$$V_2 = \frac{(30\ L)(373\text{K})}{298\ K}$$

$$= 37.55\ \text{L}$$

เกณฑ์การประเมิน

แบบประเมินใบกิจกรรมที่ 1

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย √ ถ้านักเรียนมีพฤติกรรมตามรายการสังเกต

กลุ่มที่	รายการสังเกต																รวม (12)	ระดับคุณภาพ
	การทดลองตามแผนที่กำหนด				การใช้อุปกรณ์การทดลอง				การบันทึกผลการทดลอง				การสรุปผลการทดลอง					
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		

เกณฑ์การประเมินผล

คะแนน 12 -10 = ดีมาก

คะแนน 9 - 7 = ดี

คะแนน 6 - 4 = พอใช้

คะแนน 3 – 0 = ปรับปรุง

ลงชื่อ .....

(นางสาวบุณยานุช วิชัยโย)

นิสิตฝึกประสบการณ์

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	3	2	1	0
การทดลองตามแผนที่กำหนด	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างถูกต้อง	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้โดยครูเป็นผู้แนะนำ 1 ครั้ง	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้โดยครูเป็นผู้แนะนำ 2 ครั้งขึ้นไป	ไม่ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้
การใช้อุปกรณ์การทดลอง	ใช้อุปกรณ์ ในการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว และถูกต้องตามหลักการปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์ ในการทดลองได้อย่างถูกต้องตามหลักการปฏิบัติแต่ไม่คล่องแคล่ว ได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง	ใช้อุปกรณ์ ในการทดลองได้อย่างถูกต้องตามหลักการปฏิบัติแต่ไม่คล่องแคล่ว ได้รับการแนะนำ 2 ครั้งขึ้นไป	ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ได้
การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลองครบถ้วนและเป็นไปตามการทดลอง	บันทึกผลการทดลองครบถ้วนและเป็นไปตามการทดลอง ได้รับการแนะนำ	บันทึกผลไม่ครบและไม่เป็นไปตามการทดลอง	ไม่บันทึกปลการทดลอง
การสรุปผลการทดลอง	สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้องกระชับ ชัดเจน และครอบคลุมข้อมูล จากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ครอบคลุมข้อมูล 2 ข้อจากการวิเคราะห์	สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ครอบคลุมข้อมูล 1 ข้อจากการวิเคราะห์	ไม่สรุปผลการทดลอง

เกณฑ์การให้คะแนน

ใบประเมิน

แบบทดสอบหลังเรียนเรื่องกฎของชาร์ล

เลขที่	แบบทดสอบหลังเรียน					คะแนนที่ได้	เกณฑ์การประเมิน (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

เลขที่	แบบทดสอบหลังเรียน					คะแนนที่ได้	เกณฑ์การประเมิน (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5		
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

ลงชื่อ .....

(นางสาวบุณยานุช วิชัยโย)

นิสิตฝึกประสบการณ์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การให้คะแนน

ตัวบ่งชี้	คะแนน			
	3	2	1	0
เลือกตอบ			ถูก	ผิด / ไม่ตอบ
วิธีการคิดคำนวณ	สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ครบทุกขั้นตอน	สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ครบทุกขั้นตอน แต่ได้รับคำแนะนำจากครู 1 ครั้ง	แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง	ไม่เขียนแสดงวิธีที่ใช้ในการคำนวณ
คำตอบที่ได้จากการคำนวณ	คำตอบและการเขียนสรุปคำตอบถูกต้อง	คำตอบและการเขียนสรุปคำตอบอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้องเพียงอันเดียว	คำตอบและการเขียนสรุปไม่ถูกต้อง	ไม่เขียนคำตอบและการสรุปคำตอบ
หน่วย	-	-	ใช้หน่วยถูกต้อง	ใช้หน่วยไม่ถูกต้อง

ใบประเมินแบบจำลอง

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย √ ถ้านักเรียนมีพฤติกรรมตามรายการสังเกต

กลุ่มที่	แบบจำลอง						รวม (5)	ระดับคุณภาพ
	แบบจำลองที่ถูกต้อง	แบบจำลองที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	แบบจำลองที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง	แบบจำลองที่ไม่ถูกต้อง	แบบจำลองที่ไม่เชื่อมโยง	ไม่แสดงแบบจำลอง		
	5	4	3	2	1	0		
1								
2								
3								
4								
5								
6								

เกณฑ์การให้คะแนน

กลุ่มแบบจำลอง	การวาดภาพ	การอธิบาย
1. แบบจำลองที่ถูกต้อง ให้ 5 คะแนน	นักเรียนวาดภาพถูกต้องสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ครบทุกองค์ประกอบ	นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ได้
2. แบบจำลองที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ให้ 4 คะแนน	นักเรียนวาดภาพปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ไม่สมบูรณ์	นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ได้แต่ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ให้ 3 คะแนน	นักเรียนวาดภาพปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ได้แต่มีบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง	นักเรียนสามารถปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ได้แต่ไม่มีบางแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองที่ไม่ถูกต้อง ให้ 2 คะแนน	นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง	นักเรียนอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองที่ไม่เชื่อมโยง ให้ 1 คะแนน	นักเรียนวาดภาพไม่สอดคล้องกับคำถาม	นักเรียนอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับคำถามหรือตอบคำถามแต่ไม่อธิบายเหตุผล
6. ไม่แสดงแบบจำลอง ให้ 0 คะแนน	ไม่วาดภาพ	ไม่อธิบาย

แบบประเมินพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง ให้ผู้สอนประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนโดยให้ระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

เลขที่	เข้าเรียนตรงเวลา			ระดับคุณภาพ	ความใฝ่เรียนรู้				ระดับคุณภาพ
	2	1	0		3	2	1	0	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

เลขที่	เข้าเรียนตรงเวลา			ระดับคุณภาพ	ความใฝ่เรียนรู้				ระดับคุณภาพ
	2	1	0		3	2	1	0	
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									

ลงชื่อ .....

(นางสาวบุณยานุช วิชัยโย)

นิสิตฝึกประสบการณ์

เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ต้องปรับปรุง (0)
เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนตรงเวลา มาสายไม่เกิน 10 นาที	เจ้าเรียนมาสายเกิน 10 นาทีขึ้นไป	ไม่เข้าเรียน
ความใฝ่เรียนรู้	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนเป็นประจำ	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ บ่อยครั้ง	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ เป็นบางครั้ง	ไม่ตั้งใจเรียน ไม่ศึกษาค้นคว้าหาความรู้

เกณฑ์การตัดสิน

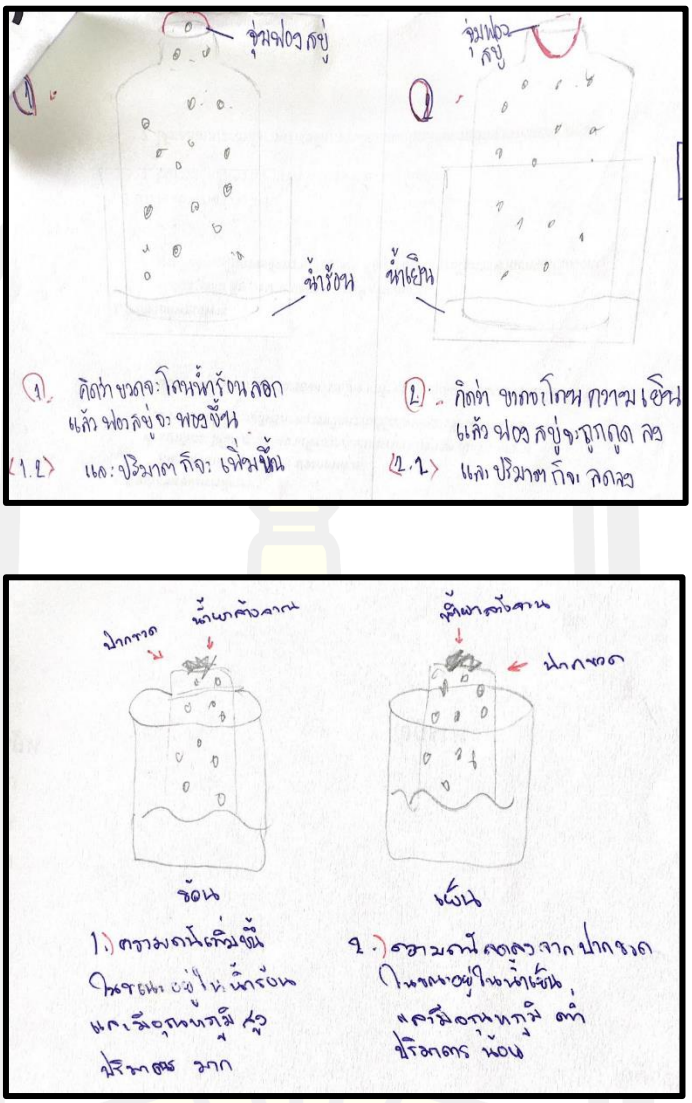
ระดับ 3 หมายถึง มีระดับคุณภาพดีเยี่ยม

ระดับ 2 หมายถึง มีระดับคุณภาพดี

ระดับ 1 หมายถึง มีระดับคุณภาพพอใช้

ระดับ 0 หมายถึง มีระดับคุณภาพปรับปรุง

ตัวอย่าง การสร้างแบบจำลองตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน



ภาพที่ 31 แสดงภาพตัวอย่างการสร้างแบบจำลองตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตัวอย่าง ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส

สมาชิกในกลุ่ม

1) ชื่อ น.ส. กัญญาณัฐ ศรีประไหม ชั้น 5/2 เลขที่ 18

2) ชื่อ น.ส. ธลสดา รุยศ์ ชั้น 5/2 เลขที่ 20

3) ชื่อ น.ส. ไตนา มุตโกญต์ ชั้น 5/2 เลขที่ 21

4) ชื่อ น.ส. ทันต์ศา เนื่องศรี ชั้น 5/2 เลขที่ 23

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดพลาสติกใสชนิดไม่ยุบตัวเมื่อถูกความร้อน ขนาด 500 mL
2. บีกเกอร์ขนาด 500 mL
3. น้ำ
4. น้ำยาล้างจาน
5. น้ำร้อน
6. น้ำแข็ง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ผสมน้ำและน้ำยาล้างจานในอัตราส่วน 2 : 1 ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1
2. จุ่มปากขวดพลาสติกลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 เพื่อให้เกิดแผ่นฟิล์มบางๆของน้ำยาล้างจาน
3. เทน้ำร้อนใส่บีกเกอร์ใบที่ 2 โดยให้น้ำร้อนมีระดับความสูงประมาณ 2 cm แล้ววางขวดพลาสติกที่เตรียมไว้ลงในบีกเกอร์ โดยหงายปากขวดขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง)
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 เปลี่ยนจากน้ำร้อนเป็นน้ำผสมน้ำแข็งแทน

ตารางบันทึกปลการทดลอง

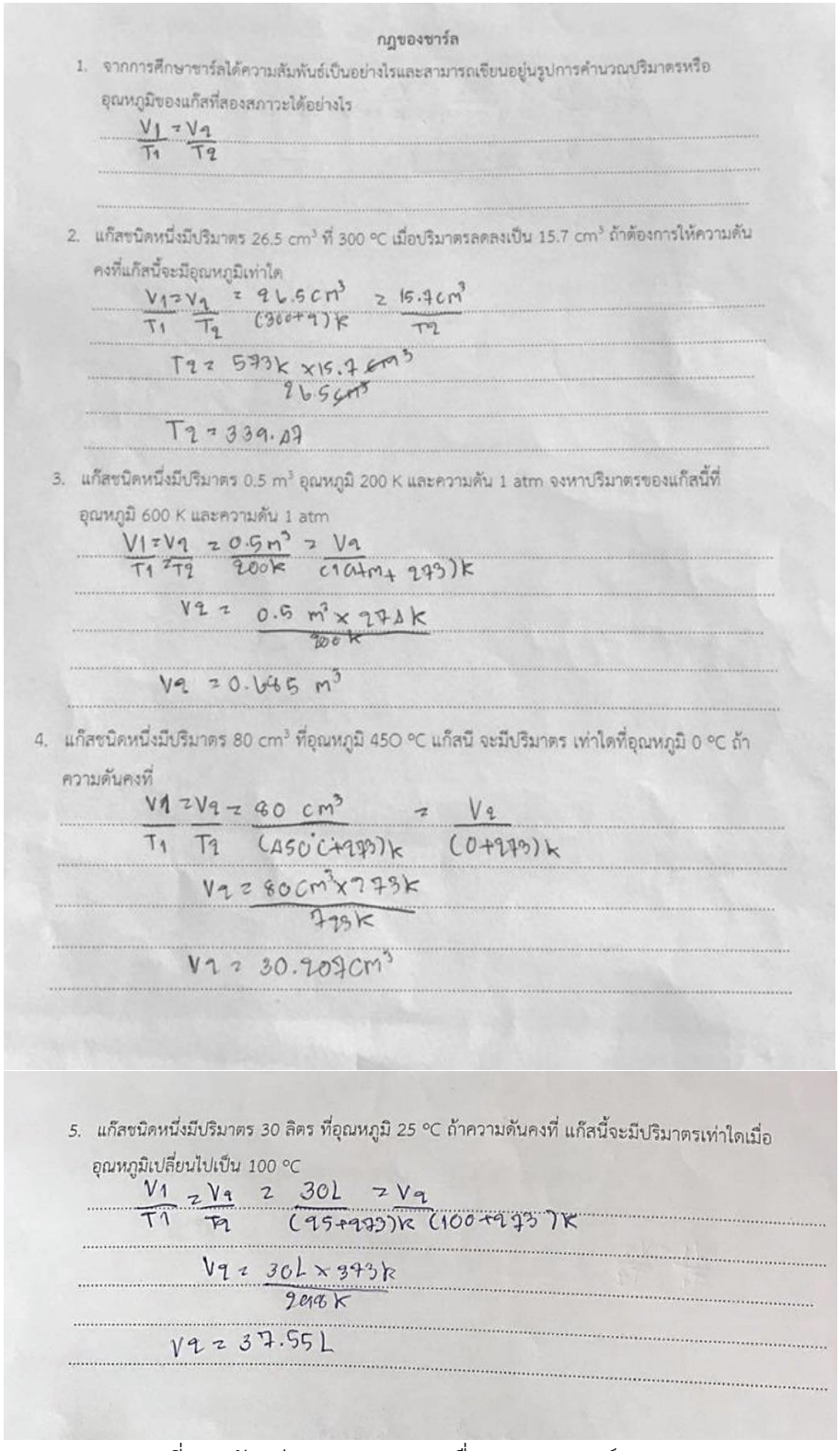
การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกต
น้ำร้อน	ฟิล์มบนปากขวดนูนขึ้น
น้ำเย็น	ฟิล์มบนปากขวดเว้าลง

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

เมื่อนำขวดจุ่มลงในน้ำร้อนฟิล์มบนปากขวดนูนขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อนุภาคของแก๊สเคลื่อนที่เร็วขึ้น โอกาสการชนมีมากขึ้น ให้ปริมาตรของแก๊สขยายตัว สรุปได้ว่าอุณหภูมิแปรผันตรงกับปริมาตรของแก๊ส

ภาพที่ 32 แสดงภาพตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊ส

ตัวอย่างแบบทดสอบ เรื่อง กฎของชาร์ล



กฎของชาร์ล

1. จากการศึกษาชาร์ลได้ความสัมพันธ์เป็นอย่างไรและสามารถเขียนอยู่นรูปการคำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิของแก๊สที่สองสภาวะได้อย่างไร

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

2. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 26.5 cm^3 ที่ 300 °C เมื่อปริมาตรลดลงเป็น 15.7 cm^3 ถ้าต้องการให้ความดันคงที่แก๊สนี้จะมีอุณหภูมิเท่าใด

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $= \frac{26.5\,cm^3}{(300+273)K} = \frac{15.7\,cm^3}{T_2}$

$T_2 = \frac{573K \times 15.7\,cm^3}{26.5\,cm^3}$

$T_2 = 339.47$

3. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 0.5 m^3 อุณหภูมิ 200 K และความดัน 1 atm จงหาปริมาตรของแก๊สนี้ที่อุณหภูมิ 600 K และความดัน 1 atm

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{0.5\,m^3}{200K} = \frac{V_2}{(600+273)K}$

$V_2 = \frac{0.5\,m^3 \times 873K}{200K}$

$V_2 = 0.665\,m^3$

4. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 80 cm^3 ที่อุณหภูมิ 450 °C แก๊สนี จะมีปริมาตร เท่าใดที่อุณหภูมิ 0 °C ถ้าความดันคงที่

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{80\,cm^3}{(450°C+273)K} = \frac{V_2}{(0+273)K}$

$V_2 = \frac{80\,cm^3 \times 273K}{723K}$

$V_2 = 30.207\,cm^3$

5. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 30 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 °C ถ้าความดันคงที่ แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น 100 °C

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{30L}{(25+273)K} = \frac{V_2}{(100+273)K}$

$V_2 = \frac{30L \times 373K}{298K}$

$V_2 = 37.55L$

ภาพที่ 33 ตัวอย่างแบบทดสอบ เรื่อง กฎของชาร์ล

ภาคผนวก ค
การประเมินคุณภาพของเครื่องมือ

ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้										รวม	สรุป
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1. สาระสำคัญ												
1.1 สาระสำคัญถูกต้องเหมาะสม	4.80	4.60	4.60	4.40	4.40	4.60	4.60	4.80	4.40	4.40	4.56	มาก
1.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.40	4.80	4.00	4.60	4.60	4.40	4.40	4.60	4.00	4.00	4.38	มาก
2. จุดประสงค์การเรียนรู้												
2.1 จุดประสงค์ครอบคลุมลักษณะการเรียนรู้ ทักษะพิสัย พุทธิพิสัย และจิตพิสัย	4.00	4.20	4.20	4.40	4.40	4.20	4.00	4.00	4.20	4.00	4.16	มาก
2.2 ผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้	4.60	4.60	4.80	4.80	4.20	4.20	4.40	4.40	4.60	4.60	4.52	มาก
2.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	4.20	4.40	4.40	4.20	4.40	4.40	4.40	4.20	4.20	4.40	4.32	มาก
3. สาระการเรียนรู้												
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.00	4.00	4.00	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.20	4.40	4.36	มาก
3.2 มีความชัดเจน ไม่สับสนน่าสนใจ	4.20	4.40	4.40	4.60	4.40	4.60	4.20	4.20	4.20	4.00	4.32	มาก
4. การจัดกรรมการเรียนรู้												

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้										รวม	สรุป
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4.1 กิจกรรมขั้นตอนถูกต้องเหมาะสม	4.20	4.20	4.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.18	มาก
4.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดแก้ปัญหา	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
4.3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม	4.40	4.40	4.40	4.40	4.60	4.20	4.20	4.20	4.60	4.60	4.40	มาก
4.4 กิจกรรมที่ความชัดเจนครูท่านอื่นสามารถนำไปสอนแทนได้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
4.5 กิจกรรมเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.60	4.60	4.40	4.60	4.40	4.60	4.40	4.40	4.40	4.40	4.48	มาก
5. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม												
5.1 เหมาะสมกับเวลาเรียน	4.00	4.00	4.00	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.40	4.40	มาก
6. สื่อการเรียนรู้												
6.1 สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม	4.40	4.40	4.20	4.60	4.60	4.40	4.20	4.20	4.40	4.40	4.38	มาก
6.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
6.3 มีความน่าสนใจ	4.20	4.20	4.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.00	4.20	4.16	มาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้										รวม	สรุป
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
7. การวัดและประเมินผล												
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์	4.20	4.20	4.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.00	4.16	มาก
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.40	4.40	4.20	4.60	4.60	4.40	4.20	4.20	4.40	4.40	4.38	มาก
7.3 ใช้เครื่องมือวัดผลที่เหมาะสม	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
7.4 มีการประเมินไปพร้อมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	4.40	4.40	4.40	4.60	4.20	4.20	4.20	4.60	4.60	4.40	มาก
รวม	4.35	4.39	4.30	4.47	4.45	4.40	4.35	4.36	4.36	4.35	4.38	มาก

ตารางที่ 22 สรุปผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐานของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยแยกตามรายด้าน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
สาระสำคัญ	4.47	0.25	มาก
จุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	0.22	มาก
สาระการเรียนรู้	4.34	0.24	มาก
การจัดกรรมการเรียนรู้	4.41	0.16	มาก
เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม	4.40	0.28	มาก
สื่อการเรียนรู้	4.38	0.21	มาก
การวัดและประเมินผล	4.34	0.15	มาก
เฉลี่ยรวม	4.38	0.21	มาก

ตารางที่ 23 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม (5 คะแนน)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
7	0	1	0	1	1	3	0.6	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
10	0	1	1	0	1	3	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
12	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
13	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
15	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
16	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
17	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
18	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
19	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
20	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 24 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปรผล	ค่าความยากง่าย	แปรผล	สรุปผล
1	0.53	ใช้ได้	0.76	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.78	ใช้ได้	0.81	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
3	0.38	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.11	ใช้ไม่ได้	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
5	0.47	ใช้ได้	0.70	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.49	ใช้ได้	0.84	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
7	0.31	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
8	0.51	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.49	ใช้ได้	0.76	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.42	ใช้ได้	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
11	0.16	ใช้ไม่ได้	0.18	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
12	0.56	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.49	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.20	ใช้ได้	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
15	0.51	ใช้ได้	0.74	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.31	ใช้ได้	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
17	0.62	ใช้ได้	0.76	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.42	ใช้ได้	0.16	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
19	0.58	ใช้ได้	0.76	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.36	ใช้ได้	0.18	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

เลือกข้อสอบจำนวน 10 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมี ค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.59 - 0.76และอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.38 – 0.62 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.96

ตารางที่ 25 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	เฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
1	5	4	4	4	3	20	4.00
2	5	4	5	4	5	23	4.60
3	4	5	4	5	5	23	4.60
4	5	3	5	4	5	22	4.40
5	4	4	5	5	5	23	4.60
6	4	5	5	5	5	24	4.80
7	5	4	5	4	5	23	4.60
8	5	3	5	4	5	22	4.40
9	4	5	4	4	5	22	4.40
10	5	4	5	5	5	24	4.80
11	4	4	5	4	5	22	4.40
12	5	4	5	4	5	23	4.60
13	5	4	5	4	5	23	4.60
14	4	5	5	5	4	23	4.60
15	4	4	4	5	5	22	4.40
16	4	5	4	4	3	20	4.00
17	4	5	4	5	5	23	4.60
18	4	5	5	4	5	23	4.60
19	4	5	4	5	5	23	4.60
20	5	4	5	3	3	20	4.00

การประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส ของผู้เชียวชาญทั้ง 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ซึ่งหมายถึง เกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมมาก

ตารางที่ 26 แสดงผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม (5 คะแนน)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	0	0	3	0.6	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
9	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
13	1	1	1	1	-1	3	0.6	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
15	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
16	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
17	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
18	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
19	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
20	1	0	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
21	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
22	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
23	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
24	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
25	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
26	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม (5 คะแนน)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
27	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
28	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
29	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
30	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
31	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
32	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
33	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
34	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
35	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
36	0	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
37	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
38	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
39	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
40	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 27 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปรผล	ค่าความยากง่าย	แปรผล	สรุปผล
1	0.69	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.62	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.76	ใช้ได้	0.79	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.19	ใช้ไม่ได้	0.17	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
5	0.97	ใช้ได้	0.83	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
6	0.69	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.83	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.83	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.90	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปรผล	ค่าความยากง่าย	แปรผล	สรุปผล
10	0.00	ใช้ไม่ได้	0.28	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
11	0.83	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.97	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.14	ใช้ไม่ได้	0.28	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
14	0.62	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.55	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.55	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.62	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.55	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.83	ใช้ได้	0.83	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
20	0.90	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.69	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้ได้
22	-0.07	ใช้ไม่ได้	0.17	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
23	0.83	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.62	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.76	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.18	ใช้ไม่ได้	0.34	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
27	0.69	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
28	0.62	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.41	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
30	0.62	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
31	0.14	ใช้ไม่ได้	0.28	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
32	0.62	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
33	0.76	ใช้ได้	0.79	ใช้ได้	ใช้ได้
34	0.55	ใช้ได้	0.76	ใช้ได้	ใช้ได้
35	0.41	ใช้ได้	0.83	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
36	0.48	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
37	0.69	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปรผล	ค่าความยากง่าย	แปรผล	สรุปผล
38	0.69	ใช้ได้	0.83	ใช้ได้	ใช้ได้
39	0.14	ใช้ไม่ได้	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
40	0.55	ใช้ได้	0.76	ใช้ได้	ใช้ได้

เลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.48 – 0.79 และอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.41 – 0.90 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี มีค่าเท่ากับ 0.97

ภาคผนวก ง
ผลการตรวจคะแนน

ผลการทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส

ตารางที่ 28 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 30 คน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์									
	ข้อที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	PU	PU	PU	CU	PS	CU	CU	CU	CU	CU
2	PS	AC	PS	PS	PS	PS	PU	PU	PU	PS
3	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU
4	PU	PU	PS	CU	CU	PS	CU	CU	PU	PU
5	CU	CU	CU	CU	PS	CU	CU	CU	CU	CU
6	CU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU
7	PS	PS	PS	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU
8	PS	PS	PS	PS	PS	PU	CU	CU	CU	PU
9	PS	PS	PS	PS	PU	PU	PU	CU	CU	CU
10	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PS
11	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU
12	PS	PS	PS	CU	PU	CU	PS	CU	PU	CU
13	PU	PU	PU	PU	PU	PS	CU	CU	CU	PS
14	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU
15	PU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	CU
16	PS	PU	PS	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU
17	CU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	CU
18	PU	PU	PS	CU	PU	CU	PU	PU	PU	CU
19	PU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	PS
20	CU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU
21	PU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU
22	CU	PU	PU	CU	CU	PS	CU	PU	PU	CU
23	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PS
24	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์									
	ข้อที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU
26	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PS	PU	CU
27	PU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU
28	PU	PS	PS	PU	CU	CU	PS	CU	PU	PU
29	PS	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PS	CU	CU
30	PU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU

ผลคะแนนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แก๊ส

ตารางที่ 29 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาเคมี เรื่อง แก๊ส

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (30)	คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (30)
1	22	16	22
2	26	17	26
3	27	18	24
4	25	19	24
5	22	20	27
6	26	21	21
7	22	22	24
8	20	23	21
9	21	24	22
10	20	25	21
11	29	26	26
12	26	27	25
13	21	28	22
14	25	29	20
15	28	30	21

ภาคผนวก จ
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร (043) 751764
ที่ อว 0605.5(2) / ว748 วันที่ 9 มีนาคม 2565
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.พรงศักดิ์ ภูสีอ่อน

ด้วย นางสาวบุณยานุช วิชัยโย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาวัลย์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร (043) 751764
ที่ อว 0605.5(2) / 1748 วันที่ 9 มีนาคม 2565
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.บุบดี วงษ์อะพาบ

ด้วย นางสาวบุณยานุช วิชัยโย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร (043) 751764
ที่ อว 0605.5(2) / 1748 วันที่ 9 มีนาคม 2565
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.มังกร ศรีสะอาด

ด้วย นางสาวบุณยานุช วิชัยโย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2) / ว748

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

9 มีนาคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายไสภณ นาคริชน

ด้วย นางสาวบุณยานุช วิชัยโย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาวัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ , โทรสาร 0-4372-1764

ที่ อว 0605.5(2) / ว748

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

9 มีนาคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางวรีวรรณ ทวีบท

ด้วย นางสาวบุณยานุช วิชัยโย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ ไคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วังเลรงค์ โถมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ , โทรสาร 0-4372-1764

ที่ อว 0605.5(2) / ว748

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

9 มีนาคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางวรีวรรณ หวีบท

ด้วย นางสาวบุณยานุช วิชัยโย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาวัตน์ ไคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

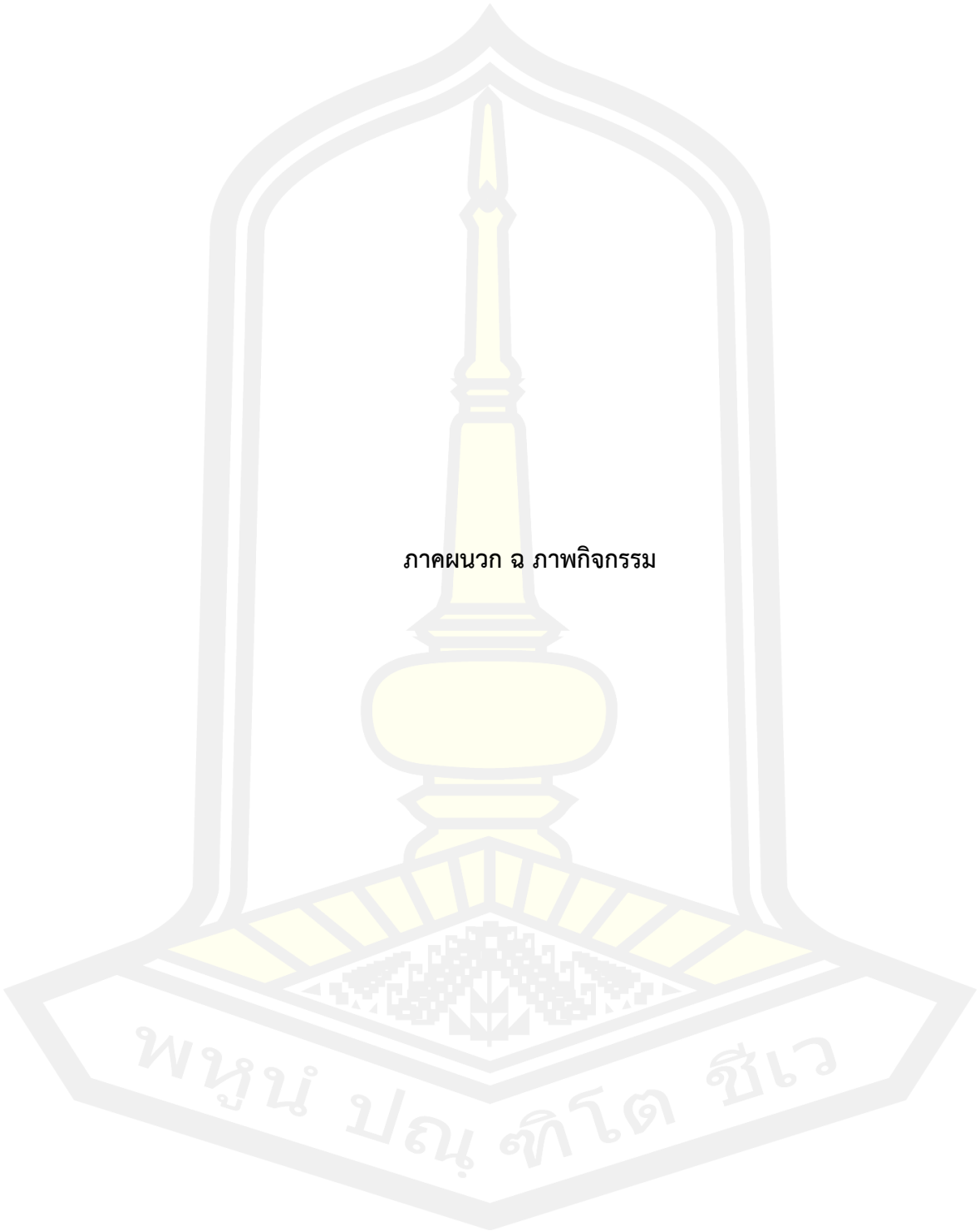
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ , โทรสาร 0-4372-1764



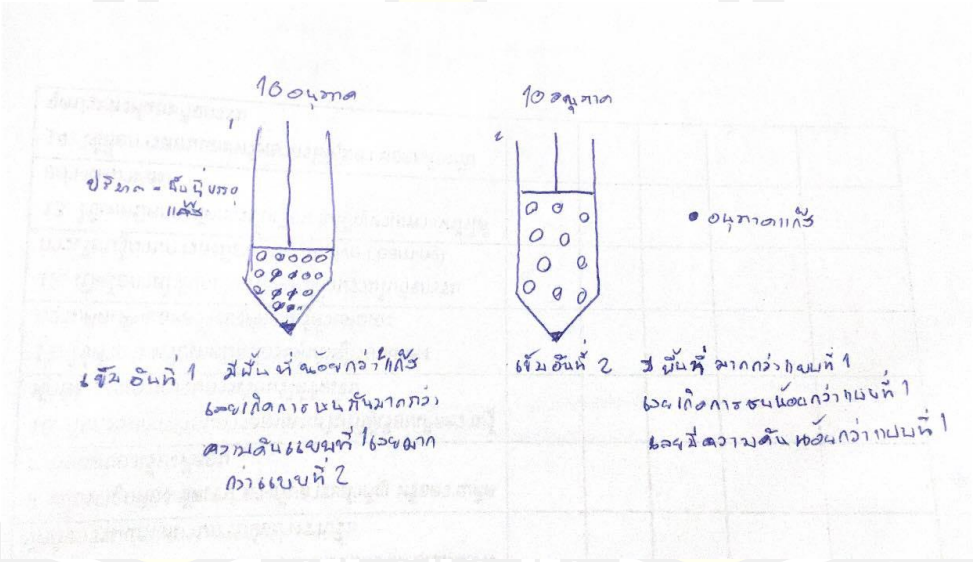
ภาคผนวก ฉ ภาพกิจกรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ครูอธิบายการใช้และข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์สำหรับการทดลอง

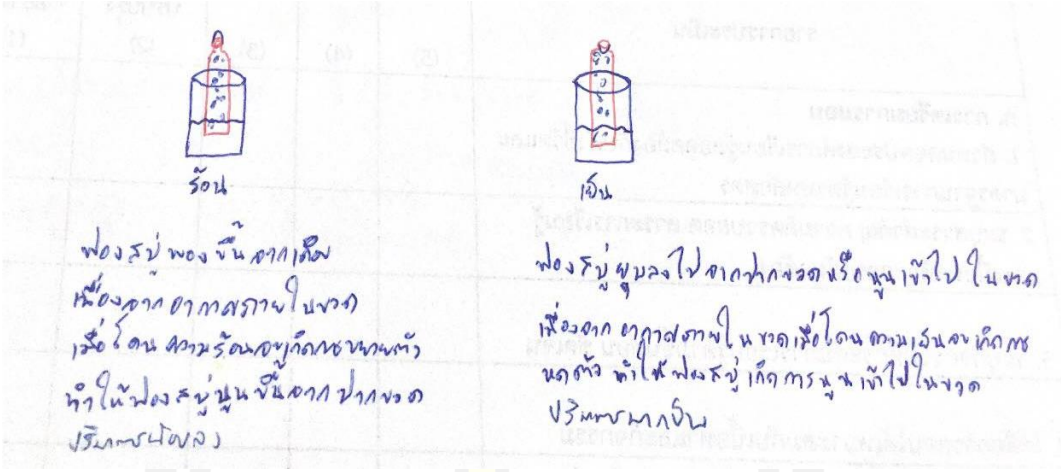
นักเรียนทำการทดลองเพื่อเพื่อให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้และอธิบายสถานการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนร่วมกันแก้ไข ปรับเปลี่ยนแบบจำลองบางส่วน
เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ได้ดีขึ้น

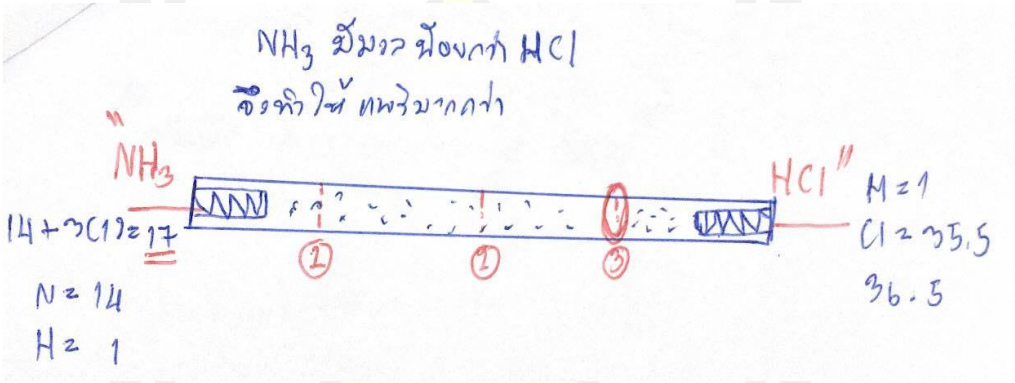


ตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง กฎของบอย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง กฎของชาร์ล



ตัวอย่างแบบจำลอง เรื่อง กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แก๊ส

ภาพที่ 34 การจัดกิจกรรมการเรียนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวบุณยานุช วิชัยโย
วันเกิด	วันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	205 หมู่ 6 ตำบลกุดสิมคุ้มใหม่ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบัวขาว จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบัวขาว จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2561 ปริญญาตรี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2565 ปริญญาโท มหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-