



การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

MULTIPLE SCIENTIFIC REPRESENTATIONS BASED LEARNING ACTIVITY
TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT IN STOICHIOMETRY
FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

ชฎาวรรณ สุขัมศรี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2561



การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

MULTIPLE SCIENTIFIC REPRESENTATIONS BASED LEARNING ACTIVITY
TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT IN STOICHIOMETRY
FOR HIGH SCHOOL STUDENTS



CHADAWAN SUKHAMSRI

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF EDUCATION (Chemistry)
Faculty of Science Srinakharinwirot University
2018
Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

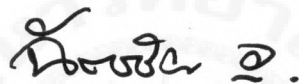
ของ

ชฎาวรรณ สุขัมศรี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

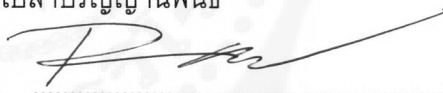
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์จัตตชัย เอกปัญญาสกุล)

21 S.A. 2561

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์



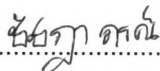
ที่ปรึกษาหลัก



ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะยุษะ ภูโน)

(อาจารย์ ดร.ภิรมย์ เชนประโคน)



ที่ปรึกษาร่วม



กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัชฎาภรณ์ พิณทอง)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวลละออ รัตนวิมานวงศ์)

ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	ชฎาวรรณ สุขุมศรี
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มะยุไชระ ภูโน

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 60 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยเนื้อหา 5 เรื่อง ได้แก่ กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ จากผลการวิจัยพบว่า

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.97/85.83 และมีค่าประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน คือไม่น้อยกว่า 75/75 สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจในเนื้อหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย, การจัดการเรียนรู้, ปริมาณสัมพันธ์, มัธยมศึกษาตอนปลาย

Title	MULTIPLE SCIENTIFIC REPRESENTATIONS BASED LEARNING ACTIVITY TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT IN STOICHIOMETRY FOR HIGH SCHOOL STUDENTS
Author	CHADAWAN SUKHAMSRI
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Mayuso Kuno

The purposes of this research were to develop learning management using multiple scientific representations in stoichiometry for high school students, to study the learning achievement in stoichiometry and to compare the learning achievement of students who learned with multiple scientific representations rather than regular learning methods. This study was implemented with sixty students from one school in Northern Thailand and the participants were selected through purposive sampling. The lesson plans consisted of five topics, including the law of mass conservation, the law of definite proportions, the volume of gas in chemical reactions, the relationship between the amount of a substance in the chemical equation, and the limiting reagent. The data were collected using worksheets and a stoichiometry achievement test. The results revealed that the efficiency of the learning management that used multiple scientific representations in stoichiometry was higher than the standard criteria at a ratio (75/75), which was equivalent to 91.97/85.83. The learning achievement of students after using learning management with multiple scientific representations were significantly high at a level of .05. In addition, the learning achievement and conceptual understanding of stoichiometry among the students after learning via multiple scientific representations were significantly higher than those students who learned through a regular learning method at a level of .05.

Keyword : Multiple Scientific Representation, Learning Activity, Stoichiometry, High School Students

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาแนะแนวทาง และให้คำปรึกษาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะยุไช๊ะ ภูโน อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.ชัชฎาภรณ์ พิณฑทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ชุดิมา คุณากาญจน์ อาจารย์วิไล พรหมขัติแก้ว และอาจารย์ธณัฐฐา คงทน ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วิจัย และผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู อาจารย์โรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ สนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือ สนับสนุน รักและห่วงใยผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา คุณค่าของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชฎาวรรณ สุขัมศรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ท
สารบัญตาราง.....	1
สารบัญรูปภาพ	1
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
สมมติฐานในการวิจัย.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	11
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย.....	18
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	29
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์.....	40

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	49
1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	49
2. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย	51
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	66
5. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	66
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	72
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	72
บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	79
ความมุ่งหมายของการวิจัย	79
สมมติฐานในการวิจัย	79
วิธีดำเนินการวิจัย.....	80
สรุปผลการวิจัย.....	83
อภิปรายผลการวิจัย	83
ข้อเสนอแนะ	108
บรรณานุกรม	110
ภาคผนวก.....	113
ประวัติผู้เขียน.....	194

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	50
ตาราง 2 แบบแผนการทดลอง	51
ตาราง 3 แสดงกระบวนการจัดการเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์	54
ตาราง 4 แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดท้ายใบกิจกรรมของแต่ละแผนการ จัดการเรียนรู้ และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็กรายมหาราช วิทยาคม จำนวน 15 คน	73
ตาราง 5 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	74
ตาราง 6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณ สัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์	75
ตาราง 7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณ สัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการ การสอนแบบปกติ	76
ตาราง 8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อน เรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบ ปกติ	77
ตาราง 9 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณ สัมพันธ์ ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน	

ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบ ปกติ	87
ตาราง 10 จำแนกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ตามระดับขั้นความสามารถ ของบลูม (Bloom's Taxonomy)	88
ตาราง 11 จำแนกร้อยละของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์ ที่ตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลัง เรียนถูก ในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูม	89
ตาราง 12 จำแนกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ตามระดับขั้นความสามารถ ของบลูม (Bloom's Taxonomy)	91
ตาราง 13 จำแนกร้อยละของนักเรียนที่ตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ถูก ในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูม	92
ตาราง 14 ร้อยละของนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจในมิติหลังเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการ สอนแบบปกติ	95
ตาราง 15 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 1 ระบบและสิ่งแวดล้อม โดยผู้เชี่ยวชาญ	117
ตาราง 16 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 2 กฎทรงมวล โดยผู้เชี่ยวชาญ	118
ตาราง 17 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 3 กฎสัดส่วนคงที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ	120
ตาราง 18 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 4 ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญ	121
ตาราง 19 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี โดย ผู้เชี่ยวชาญ	123

ตาราง 20 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 6 สารกำหนดปริมาณ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	124
ตาราง 21 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ	126
ตาราง 22 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 30 ข้อ.....	128
ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย	129
ตาราง 24 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_e) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์	131
ตาราง 25 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎทรงมวล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	132
ตาราง 26 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	133
ตาราง 27 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	134
ตาราง 28 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	135
ตาราง 29 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	136
ตาราง 30 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	139
ตาราง 31 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	140

ตาราง 32 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	141
ตาราง 33 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ	143
ตาราง 34 แสดงคะแนนความเข้าใจในมิติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบปกติ.....	145



สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
ภาพประกอบ 2 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบลูม ของนักเรียนกลุ่ม ทดลอง	89
ภาพประกอบ 3 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบลูม ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	92
ภาพประกอบ 4 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ในแบบทดสอบ วัดมโนคติที่ 1 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	97
ภาพประกอบ 5 แสดงความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎทรงมวล	98
ภาพประกอบ 6 แสดงความเข้าใจมโนคติบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎทรงมวล	98
ภาพประกอบ 7 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ในแบบทดสอบ วัดมโนคติที่ 2 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	99
ภาพประกอบ 8 แสดงความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่ ..	100
ภาพประกอบ 9 แสดงความเข้าใจมโนคติบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่	100
ภาพประกอบ 10 แสดงมโนคติที่ผิดพลาด (MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่	101

ภาพประกอบ 11 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ใน แบบทดสอบวัดมโนคติที่ 3 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	102
ภาพประกอบ 12 แสดงความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาตรของ แก๊สในปฏิกิริยาเคมี.....	103
ภาพประกอบ 13 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ใน แบบทดสอบวัดมโนคติที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	104
ภาพประกอบ 14 แสดงความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ความสัมพันธ์ ของปริมาณสารในสมการเคมี.....	104
ภาพประกอบ 15 แสดงความเข้าใจมโนคติบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมี.....	105
ภาพประกอบ 16 แสดงมโนคติที่ผิดพลาด (MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการ เคมี.....	106
ภาพประกอบ 17 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ใน แบบทดสอบวัดมโนคติที่ 5 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	106
ภาพประกอบ 18 แสดงความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ	107

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เคมี คือ ศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร รวมถึงการแปรรูปของสสารและความสัมพันธ์กับพลังงานของสสารด้วยตนเองหรือความสัมพันธ์ระหว่างสสารกับสิ่งที่ไม่ใช่สสาร การศึกษาในทางเคมีส่วนใหญ่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารและปรากฏการณ์ทางเคมีใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (macroscopic level) เช่น คุณสมบัติที่สังเกตได้จากห้องปฏิบัติการ ระดับจุลภาค (microscopic level) เช่น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือโมเลกุล และไอออนในระดับอนุภาค และระดับสัญลักษณ์ (symbolic level) เช่น การใช้สัญลักษณ์อะตอม การใช้ตัวเลข และการจัดกระทำทางพีชคณิต (Johnstone, 1982) หัวใจสำคัญของการศึกษาวิชาเคมีคือปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งเป็นเรื่องที่ใช้ศึกษาทั้งในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เช่น ใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีหรือการแก้ปัญหาต่างๆในเคมี ใช้ในการคำนวณปริมาณสารตั้งต้นและทำนายผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ใช้หาปริมาตรของแก๊สภายใต้สภาวะที่กำหนด และใช้หาความเข้มข้นของสารละลาย เป็นต้น (Chang, 2008) นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความเห็นว่าปริมาณสัมพันธ์เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาวิชาเคมีในระดับที่ซับซ้อนมากขึ้น (Camacho & Good, 1989)

ปริมาณสัมพันธ์ เป็นหนึ่งในพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาวิชาเคมี จึงเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะต้องเข้าใจแนวคิดสำคัญของปริมาณสัมพันธ์ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ถือเป็นเรื่องยากเรื่องหนึ่งในวิชาเคมี (Cain, 1986) จาก 3 เหตุผลหลัก คือ นักเรียนไม่เข้าใจในแนวคิดสำคัญของปริมาณสัมพันธ์ ขาดทักษะการแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ในระดับมหภาคไปสู่ระดับจุลภาคได้ จากการศึกษาของ Boujaoude และ Barakat (BouJaoude & Barakat, 2000) พบว่านักเรียนหลายคนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสัมพันธ์ได้ และนักเรียนยังขาดทักษะในการเขียนสูตรเคมี การเขียนและดุลสมการเคมี ขาดความเข้าใจในเรื่องโมล มวลโมเลกุล กฎทรงมวล และสารกำหนดปริมาณ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสัมพันธ์ได้ อีกทั้งยังมีการศึกษาถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ จากการศึกษาของ Huddle และ Pillay (Huddle & Pillay, 1996) พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยนักเรียนคิดว่าสารตั้งต้นที่มีปริมาณน้อยกว่า หรือมีจำนวนโมลน้อยกว่าจะเป็น

สารที่ใช้หมวกก่อน นอกจากนี้นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของกฎทรงมวล เช่น ในปฏิกิริยาเคมีที่มีตะกอนเป็นผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น มวลของสารผลิตภัณฑ์จะมากกว่ามวลของสารตั้งต้น เนื่องจากของแข็งหนักกว่าของเหลว หรือการเกิดปฏิกิริยาการสันดาปในระบบปิดนั้น มวลสารผลิตภัณฑ์จะลดลง เนื่องจากมวลของของแข็งจะหนักกว่ามวลของแก๊ส (ÖZMEN & Alipaşa, 2003) ซึ่งหากไม่เข้าใจแนวคิดหรือทฤษฎีหลักแล้วก็จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ได้ หากไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ได้จะส่งผลต่อการนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (Ben-Zvi, Eylon, & Silberstein, 1988) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจในสาระสำคัญของแต่ละเรื่องในปริมาณสัมพันธ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เรื่องปริมาณสัมพันธ์ได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาของ Staver และ Lumpe (Staver & Lumpe, 1995) กล่าวว่า เนื่องจากวิชาเคมีเป็นศาสตร์ที่ศึกษาในเชิงนามธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในระดับอะตอมและโมเลกุลที่จะต้องมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ บางครั้งการบรรยายอาจยากต่อการทำความเข้าใจ สิ่งที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ดียิ่งขึ้นนั่นคือ ตัวแทนความคิด (representation)

ตัวแทนความคิดมีความสำคัญต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์และครูผู้สอนใช้กราฟ สัญลักษณ์ หรือแผนภาพ ในการอธิบายและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ในหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มีการใช้ตารางตัวเลข กราฟ แผนภาพ สมการ และรูปภาพ ในการเป็นตัวแทนความคิดเพื่อสื่อความหมายข้อมูล เนื้อหาและปรากฏการณ์ทางเคมีส่วนมากสามารถใช้ตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ในหลายๆแบบแผนการศึกษาวิชาเคมีมีความเชื่อมโยงกับพฤติกรรมของสารทั้ง 3 ระดับนี้ มีการใช้ตัวแทนความคิดในระดับมหภาคในห้องปฏิบัติการ ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์สามารถใช้เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคกับตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (Hinton & Nakhleh, 1999) ซึ่งการบูรณาการเชื่อมโยงในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์นี้เป็นหัวใจสำคัญในการนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งในวิชาเคมี (BOWEN & BUNCE, 1997) โดยจากการศึกษาของ Kozma และ Russell (Kozma & Russell, 1997) พบว่า การใช้ตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาเคมี โดยที่ตัวแทนความคิดนั้นช่วยให้นักเรียนเกิดการ บูรณาการเชื่อมโยงความรู้จากระดับจุลภาคไปสู่ระดับสัญลักษณ์และระดับมหภาค นอกจากนี้ตัวแทนความคิดยังมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวแทนปรากฏการณ์ เช่น มีการใช้รูปภาพ วัตถุ สัญลักษณ์ หรือแผนภาพ ในการแทนปรากฏการณ์ต่างๆ

(Gilbert, 2008) แล้วจึงใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงสัญลักษณ์ทางเคมีหรือสมการเคมีที่อยู่ในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งมีส่วนช่วยในการอธิบายเนื้อหา ทำนายปรากฏการณ์ และนำไปสู่การสร้างสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ได้

การใช้ตัวแทนความคิดในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาของ Williamson และ Abraham (Williamson & Abraham, 1995) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหวในการแสดงอนุภาคของสสารให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นนั้น สามารถพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีได้ดีกว่าการสอนแต่เนื้อหาที่เป็นนามธรรมในหนังสือแบบเรียน นอกจากนี้การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น สัญลักษณ์ สมการ แผนภูมิ กราฟ หรือตาราง ยังช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน (Wu & Puntambekar, 2012) บทบาทที่สำคัญอีกประการหนึ่งของตัวแทนความคิดต่อการเรียนการสอนในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ คือ ตัวแทนความคิดสามารถช่วยแก้ปัญหาในทางเคมีได้ เนื่องจากการศึกษาเคมีในระดับจุลภาค เช่น อนุภาค เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การใช้ตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมที่สามารถมองเห็นได้ เช่น สูตรทางเคมีถูกนำไปใช้แสดงแทนโมเลกุลของสารหนึ่งๆ ซึ่งตัวแทนความคิดนี้จะบรรจุค่าข้อมูลในภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และการใช้ตัวแทนความคิด อย่างเหมาะสมจะช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดศักยภาพในการใช้และแปลความหมายตัวแทนความคิด เมื่อนักเรียนเกิดศักยภาพในการใช้ตัวแทนความคิดไม่ว่าจะเป็นตัวแทนความคิดภายใน (internal representation) หรือตัวแทนความคิดภายนอก (external representation) ในปัญหาต่างๆแล้วจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในปัญหานั้นๆจนเกิดเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาได้ (Gilbert & Treagust, 2009)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (multiple scientific representation) เป็นการสอนรูปแบบหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดของตนเองเพื่อแสดงออกในสิ่งที่ เป็นรูปธรรมมากขึ้น สามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่นักเรียนสามารถมองเห็นกับสิ่งที่ เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็น โดยจากการศึกษาพบว่า นักเรียนคิดว่าวิชาเคมียากต่อการเรียนรู้ เพราะต้องใช้ความพยายามในการทำความเข้าใจองค์ประกอบต่างๆของสิ่งที่มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ รวมถึงเนื้อหาในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ด้วยซึ่งเป็นเนื้อหาที่ประกอบด้วยแนวคิดที่สำคัญต่อการเข้าใจโมเลกุลในระดับสัญลักษณ์ ระดับจุลภาค และระดับมหภาคของปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมเลกุลในเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการทำความเข้าใจ

เชื่อมโยง และใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จึงเหมาะสมกับเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีและสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจในมิติของนักเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับการสอนแบบปกติ

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ในรายวิชาเคมีให้กับนักเรียน และเป็นการเรียนรู้การสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ง่าย เป็นการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่นักเรียนสามารถมองเห็นและสิ่งที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็น เกิดการพัฒนาความเข้าใจในมิติในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ตลอดจนเป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่เกี่ยวข้องในการนำไปเพื่อให้เกิดการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่ ในสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2561 โรงเรียนเม็งรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัย รวมจำนวน 60 คน ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกจากห้องเรียนที่มีแผนการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน แล้วสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีจับสลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จำนวน 30 คน

กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 30 คน
ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย

1. มวลของสารในปฏิกิริยาเคมี

1.1 กฎทรงมวล

1.2 กฎสัดส่วนคงที่

2. ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี

2.1 กฎของเกย์-ลูสแซก

2.2 กฎของอาโวกาโดร

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

4. สารกำหนดปริมาณ

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลา 14 คาบ ระยะเวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ตัวแทนความคิดที่ใช้แทนหรือเป็นตัวอย่างของปรากฏการณ์หรืออธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นเอกลักษณ์ทางความคิดที่เป็นสื่อกลางเพื่ออธิบายหรือสื่อความหมายในสิ่งที่เป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรม โดยในงานวิจัยนี้แบ่งรูปแบบของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1.1 ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม (concrete or physical mode) ได้แก่ แบบจำลองโครงสร้างอะตอม

1.2 ตัวแทนความคิดที่เป็นสัญลักษณ์ (symbolic mode) ได้แก่ การใช้สิ่งของแทนอะตอมหรือโมเลกุล และสมการเคมีต่างๆ

1.3 ตัวแทนความคิดที่เสมือนจริง (visual mode) ได้แก่ แผนภาพ และภาพเคลื่อนไหวแสดงพฤติกรรมของแก๊ส

2. **การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์** หมายถึง การจัดการเรียนรู้ซึ่งมีการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาที่มีปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนจากงานวิจัยของ Sunyono et al. (SUNYONO, YUANITA, & Ibrahim, 2015) ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (orientation) เป็นขั้นที่ครูบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียน มีการกระตุ้นความสนใจด้วยปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น การสาธิตการทดลองที่นักเรียนได้เคยเรียนรู้มาแล้วจากประสบการณ์เดิม หรือเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย

2.2 ขั้นสำรวจและจินตนาการ (exploration-imagination) มีการนำเข้าสู่เนื้อหาที่เป็นนามธรรมโดยการแสดงปรากฏการณ์ทางเคมีหลายๆปรากฏการณ์ ผ่านการใช้ตัวแทนความคิด ได้แก่ รูปภาพแทนอะตอมหรือโมเลกุล การใช้ภาพเคลื่อนไหวแสดงพฤติกรรมของแก๊ส หรือการเปรียบเทียบอะตอมหรือโมเลกุลกับสิ่งของในชีวิตประจำวัน และมีการใช้คำถาม ทถาม-ตอบ กับนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้เกิดมโนคติ

2.3 ขั้นอภิปรายร่วมกัน (internalization) ให้นักเรียนมีการแบ่งกลุ่ม อภิปรายภายในกลุ่ม โดยครูชี้แนะและอภิปรายร่วมกับนักเรียนจากการที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ และครู ให้แบบฝึกหัดนักเรียนรายบุคคลเพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจ

2.4 ขั้นประเมินผล (evaluation) มีการประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนโดยประเมินผลจากใบงานของนักเรียน และการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน

3. การสอนแบบปกติ หมายถึง รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัยของผู้เรียน

3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เมื่อทำความเข้าใจในคำถามที่สนใจแล้ว จะมีการวางแผนกำหนดแนวทางเพื่อตั้งสมมติฐาน

3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจแล้ว นำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลในรูปแบบต่างๆ

3.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม เพื่อนำไปใช้อธิบายในสถานการณ์อื่นๆ

3.5 ขั้นประเมินผล (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมากน้อยเพียงใด

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบวัดความรู้ และสมรรถภาพของนักเรียนที่ได้เรียนรู้มาแล้ว หรือวัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนในด้านต่างๆ ภายหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และมีการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้ โดยเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (teacher made tests) เพื่อให้ทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ (multiple choice) และแบบอัตนัย (essay tests) มีการวัดใน 4 พฤติกรรม ดังนี้

4.1 ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกหรือความจำได้ในสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อมูลเท็จจริง หลักการ กฎ ทฤษฎีต่างๆ และความคิดรวบยอดในเรื่องปริมาณสัมพันธ์

4.2 ความเข้าใจในมิติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบ่งออกเป็นความเข้าใจใน 4 ระดับ ได้แก่

4.2.1 ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องครบสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

4.2.2 ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ไม่ครบสมบูรณ์ตามสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

4.2.3 ความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU&MU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกและมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

4.2.4 มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : MU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

4.2.5 ความไม่เข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding : NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูก ไม่มีการอธิบายเหตุผล หรืออธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หรือเขียนว่าไม่เข้าใจ

4.3 การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หรือใช้ในชีวิตประจำวัน

4.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในด้านการสังเกต การจัดกระทำและสื่อความหมาย การตั้งสมมติฐาน การคำนวณ การทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

5. แบบทดสอบวินิจฉัย 2 ระดับ หมายถึง แบบทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาปริมาณสัมพันธ์ ของผู้เรียน ประกอบด้วย

5.1 คำถามแบบปรนัย 2 ตัวเลือก

5.2 คำถามแบบอัตนัย เพื่อให้เขียนแสดงเหตุผล หรือเป็นการตอบข้อความสั้นๆแบบปลายเปิดที่มีความสัมพันธ์กับคำถามแบบปรนัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจในมิติ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
 - 1.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
 - 1.2 เนื้อหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่ใช้ในงานวิจัย
 - 1.2.1 กฎทรงมวล
 - 1.2.2 กฎสัดส่วนคงที่
 - 1.2.3 ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี
 - 1.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี
 - 1.2.5 สารกำหนดปริมาณ
 - 1.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
 - 1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสัมพันธ์
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
 - 2.1 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด
 - 2.2 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
 - 2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
 - 2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
 - 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 ความหมายและประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 แนวคิดที่เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์

- 4.1 ความหมายของมโนคติ
- 4.2 ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์
- 4.3 ความหมายของความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์
- 4.4 การสร้างมโนคติ
- 4.5 การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ
- 4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

1.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อการเรียนรู้และนำความรู้ไปใช้

ตัวชี้วัดที่ 1. ทดลอง อธิบาย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งอธิบายผลของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของมวลอะตอม คำนวณหามวลอะตอมของธาตุ มวลของธาตุ 1 อะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุได้
2. อธิบายความหมายของมวลโมเลกุล คำนวณมวลโมเลกุลของสารหรือมวลสูตร และมวลของสาร 1 โมเลกุลได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆของสาร ซึ่งได้แก่ จำนวนโมล จำนวนอนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP รวมทั้งใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวคำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งได้
4. อธิบายวิธีการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นหรือปริมาตรตามต้องการ และคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆที่กำหนดให้
5. เปรียบเทียบจุดเดือด จุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวของสารต่อไปนี้ได้
 - 5.1 สารละลายกับตัวทำละลาย

- 5.2 สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่ความเข้มข้นต่างกัน
- 5.3 สารละลายที่มีตัวทำละลายต่างชนิดกัน แต่มีความเข้มข้นเท่ากัน
6. คำนวณหามวลเป็นร้อยละของธาตุองค์ประกอบจากสูตรที่กำหนดให้ได้
7. คำนวณหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของสารได้
8. เขียนและดุลสมการเคมีเมื่อทราบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ได้
9. คำนวณหามวลของสารในปฏิกิริยาที่เป็นไปตามกฎทรงมวลได้
10. คำนวณหาอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่ได้
11. สรุปข้อความกฎของเกย์-ลุสแซกและกฎของอาโวกาโดร พร้อมทั้งใช้กฎทั้งสองคำนวณหาปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีและสูตรโมเลกุลของแก๊สได้
12. คำนวณหาจำนวนโมล มวลของสาร และปริมาตรของแก๊สที่ STP หรือจำนวนอนุภาคของสารจากสมการเคมีได้
13. ระบุสารกำหนดปริมาณและใช้คำนวณหาปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมีได้
14. คำนวณหาผลได้ร้อยละของสารจากการทดลองที่กำหนดให้ได้
15. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล นำเสนอข้อมูล แปลความหมาย และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย การหาจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย อัตราส่วนจำนวนโมลของสารที่ทำปฏิกิริยากันพอดี และอัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมีได้

1.2 เนื้อหาเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่ใช้ในงานวิจัย

1.2.1 มวลของสารในปฏิกิริยาเคมี

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมีใดๆ จะต้องกำหนดขอบเขตของการศึกษา ซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วนคือส่วนที่อยู่ภายในขอบเขตของการศึกษาซึ่งรวมทั้งก่อนการเปลี่ยนแปลงและหลังการเปลี่ยนแปลงเรียกว่า ระบบ กับส่วนที่อยู่นอกขอบเขตที่ศึกษา เช่น ภาชนะ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือวัดต่างๆ ซึ่งเรียกว่า สิ่งแวดล้อม เช่น การทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ต้องหยดสารละลายกรดลงในน้ำเพื่อช่วยให้น้ำนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น ระบบก่อนการเปลี่ยนแปลงคือน้ำและสารละลายกรด เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป ทำให้เกิดการสลายตัวได้แก๊สไฮโดรเจนและ

แก๊สออกซิเจน ระบบหลังการเปลี่ยนแปลงจึงประกอบด้วยน้ำที่เหลือ กรด แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้น ส่วนภาชนะและขั้วไฟฟ้าจัดเป็นสิ่งแวดล้อม

การกำหนดว่าระบบจะประกอบด้วยสิ่งใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการศึกษา บางกรณีอาจถือว่าอากาศภายในภาชนะหรือภาชนะที่บรรจุเป็นส่วนหนึ่งของระบบด้วยถ้ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารจำเป็นต้องระบุสมบัติต่างๆของระบบ เช่น มวล อุณหภูมิ ปริมาตร ความดัน ถ้าตรวจสอบได้ว่าสมบัติใดของระบบมีการเปลี่ยนแปลงก็ถือว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบ สมบัติของสารและปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของระบบเรียกว่า ภาวะของระบบ

กฎทรงมวล

นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมีมาตั้งแต่สมัยโบราณ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2317 (ค.ศ. 1774) อองตวน-โลรอง ลาวัวซิเย นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทดลองเผาสารในหลอดที่ปิดสนิทพบว่า มวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา จึงตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎทรงมวล อย่างไรก็ตามจากการศึกษาปฏิกิริยาเคมีต่างๆพบว่ามวลของสารในบางปฏิกิริยามีค่าไม่คงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาและการควบคุมภาวะของระบบ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดไฮโดรคลอริกได้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ น้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อกรดไฮโดรคลอริกทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตในภาชนะปิด พบว่ามวลของสารก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน แต่เมื่อเกิดปฏิกิริยาในภาชนะเปิด มวลของสารหลังเกิดปฏิกิริยาจะน้อยกว่ามวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนออกไปจากภาชนะได้ แสดงว่ามีการถ่ายเทมวลของระบบกับสิ่งแวดล้อม ระบบที่มีการถ่ายเทมวลกับสิ่งแวดล้อมเรียกว่า ระบบเปิด ส่วนระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลกับสิ่งแวดล้อมเรียกว่า ระบบปิด

กฎสัดส่วนคงที่

โจเซฟ เพราสต์ นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาการเตรียมสารประกอบบางชนิด พบว่าสารประกอบชนิดหนึ่งที่เตรียมด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน จะมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบคงที่เสมอ จึงตั้งกฎซึ่งเรียกว่า กฎสัดส่วนคงที่ ตัวอย่างเช่น สารประกอบคอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ที่เกิดจากการรวมตัวของทองแดงกับกำมะถัน มีอัตราส่วนโดยมวลเท่ากับ 2:1 เช่นเดียวกับการเตรียมด้วยวิธีอื่น ซึ่งเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่ดังที่กล่าวมาแล้ว

1.2.2 ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี

สารประกอบหนึ่งๆเกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป และมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบคงที่เสมอ สำหรับแก๊สซึ่งมีมวลน้อยมาก การวัดมวลของแก๊สทำได้ยากจึงนิยามวัดในหน่วยปริมาตร

กฎของอาวอกาโดร

อาเมเดโอ อาวอกาโดร นักฟิสิกส์ชาวอิตาลีได้ศึกษากฎของแก๊ส-ลูสแซก และให้ข้อเสนอแนะว่าปริมาตรของแก๊สมีความสัมพันธ์กับจำนวนโมเลกุล อาวอกาโดรจึงเสนอสมมติฐานขึ้นในปี พ.ศ. 2354 ว่า ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สใดๆที่มีปริมาตรเท่ากัน จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน ซึ่งต่อมาเรียกว่า กฎของอาวอกาโดร นั่นคือ ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ถ้าแก๊สออกซิเจน 10 หน่วยปริมาตร มี 10 โมเลกุล แก๊สคลอรีน 10 หน่วยปริมาตร จะมีจำนวนโมเลกุล 10 โมเลกุล ด้วยเช่นกัน

1.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมี

สมการเคมีนอกจากจะแสดงให้เห็นทราบว่ามีสารใดเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีแล้ว สมการเคมีที่ดุลแล้วยังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณใดๆของสารในปฏิกิริยาเคมีด้วย จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี ถ้าทราบปริมาณของสารใดสารหนึ่งก็สามารถคำนวณหาปริมาณของสารอื่นได้

1.2.4 สารกำหนดปริมาณ

ในการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาเคมีในห้องปฏิบัติการหรือในอุตสาหกรรม การผลิตสารเคมีชนิดต่างๆ โดยทั่วไปจะใช้ปริมาณของสารตั้งต้นมากกว่าสัดส่วนที่ทำปฏิกิริยากันพอดี สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารอื่นเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดผลิตภัณฑ์ตามปฏิกิริยาเคมีนั้นได้มากที่สุดเท่าใด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปริมาณผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารกำหนดปริมาณ

1.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ในการเรียนการสอนเรื่องปริมาณสัมพันธ์นั้นนักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในหลายหัวข้อ ซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาวัด ดังนี้

Huddle and Pillay (1996) ได้ทำการศึกษาความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งมีจุดประสงค์ในการเรียนรู้ ดังนี้

1. นักเรียนสามารถดุลสมการเคมีได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาสารกำหนดปริมาณได้
4. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากสาร

กำหนดปริมาณได้

โดยจากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนใน 2 ประเด็น ดังนี้

1. นักเรียนมีความเข้าใจว่าสารกำหนดปริมาณ คือ สารตั้งต้นที่มีจำนวนโมลน้อยที่สุดในการเข้าทำปฏิกิริยาพอดีกัน ในสมการเคมีที่ดุลแล้ว หรือสารที่มีเลขสัมประสิทธิ์น้อยที่สุด
2. นักเรียนมีความเข้าใจว่าสารกำหนดปริมาณ คือ สารที่มีจำนวนโมลน้อยที่สุด โดยไม่คำนึงถึงสมการเคมีที่ดุลแล้ว และอัตราส่วนโมลที่สารเข้าทำปฏิกิริยาพอดีกันในสมการเคมี

Boujaoude and Barakat (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในการแก้ปัญหา โจทย์ปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียน โดยแบ่งเกณฑ์ความเข้าใจเป็น 3 ระดับ คือ เข้าใจอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ (sound conceptual understanding ; SCU) เข้าใจบางส่วน (partial conceptual understanding ; PSU) และไม่เข้าใจ (no conceptual understanding ; NCU) โดยจากการศึกษาพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องกฎทรงมวล และสารกำหนดปริมาณ ดังนี้

1. นักเรียนบางส่วนไม่สามารถคำนวณหาสารกำหนดปริมาณได้ เนื่องจากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า สารกำหนดปริมาณคือสารตั้งต้นที่มีจำนวนโมลน้อยที่สุด
2. นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง กฎทรงมวล คือ มีความเข้าใจว่าในภาชนะเปิด ปฏิกิริยาที่มีแก๊สเกิดขึ้นยังคงเป็นไปตามกฎทรงมวล และมีการใช้กฎทรงมวลคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คำนึงว่ามีสารตั้งต้นใดเหลือหรือไม่

Ozman and Ayass (2003) ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง กฎทรงมวล โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนสังเกตผลการทดลองในระบบปิดและระบบเปิด พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกฎทรงมวล ดังนี้

1. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบปิด เมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีสถานะแก๊ส มวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาจะมากกว่ามวลรวมของสารหลังทำปฏิกิริยา เนื่องจากสารในสถานะของแข็งและของเหลวมีมวลมากกว่าแก๊ส

2. มวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาจะไม่เท่ากัน หากมวลรวมของสัมประสิทธิ์ของสารตั้งต้นไม่เท่ากับมวลรวมสัมประสิทธิ์ของผลิตภัณฑ์ ในสมการเคมีที่ดุลแล้ว

3. เมื่อแก๊สละลายอยู่ในตัวทำละลาย เป็นสารละลายจะมีมวลมากขึ้น

4. ปฏิกิริยาการสันดาปที่เกิดในระบบปิด มวลของสารหลังทำปฏิกิริยาจะลดลง เนื่องจากสารเกิดการเผาไหม้หายไป

5. เมื่อนำสารละลาย 2 ชนิดผสมกันในภาชนะเดียว ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะมีมวลลดลง

6. หากผลิตภัณฑ์มีตะกอนเกิดขึ้น มวลของสารหลังทำปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากตะกอนเป็นของแข็ง มีมวลมากกว่าของเหลวและแก๊ส

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์

งานวิจัยในประเทศ

อดิศักดิ์ สิงห์สีโว (2549) ทำการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ โดยในการศึกษานั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ เป็นการวิจัยในรูปแบบวิจัยและการพัฒนา โดยจัดการเรียนการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรสถานศึกษา เรื่องปริมาณสัมพันธ์ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน

ศักราช ขาดิขานาญ (2555) ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโปรแกรม Yenka Science โดยจากงานวิจัยใช้โปรแกรม Yenka มาใช้สอนร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโปรแกรม Yenka Science ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ครบทุกองค์ประกอบทั้งในด้าน ความรู้วิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ และกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และนอกจากนี้ยังพบว่าในขั้นการ

สำรวจและค้นคว้าโปรแกรม Yenka Science สามารถช่วยให้นักเรียนทำการทดลองได้ง่ายและมีความถูกต้องแม่นยำและในชั้นขยายความรู้โปรแกรม Yenka Science ยังช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันได้

ศิริวิมล หมวกทอง (2556) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่มีต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ และเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ และพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล นั้นควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น

งานวิจัยต่างประเทศ

wolfer (2000) ได้ศึกษาความเข้าใจในวิชาเคมีเบื้องต้นเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนในมหาวิทยาลัย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเข้าใจในมิติทางเคมีและความสามารถในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหา พบว่านักศึกษามีการยอมรับที่จะทำความเข้าใจในธรรมชาติของสาร แต่ไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องเหล่านี้ในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหาได้ และยังพบว่าโครงสร้างโมโนมิติทางเคมีมีความสัมพันธ์กันกับความสามารถในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหาทางเคมี

Ott and Stephen (2001) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคการแก้ปัญหาของนักเรียนในการเรียนวิชาเคมีทั่วไปในระดับมหาวิทยาลัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการสาธิตการทดลอง การเขียนและการประยุกต์ ใช้เทคนิคการแก้ปัญหามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนในกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการสาธิตการทดลองทักษะการแก้ปัญหา

Wagner (2001) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้แผนภูมิอัตราส่วนโดยโมล และการวิเคราะห์ใน 2 มิติ สำหรับการสอนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ที่มีหัวข้อย่อยคือ มโนมิติเรื่องโมล การดุลสมการเคมี วิธีการทางพีชคณิตและการแปลความหมายของปัญหาสู่สมการทางคณิตศาสตร์ พบว่า การใช้แผนภูมิอัตราส่วนโดยโมล (The Mole Ratio Flow Chart: MRFC) เป็น

วิธีการที่สามารถปฏิบัติได้ในการสอนการคำนวณเรื่องปริมาณสัมพันธ์และเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นในการทำ ความเข้าใจเนื้อหาวิชา

Dori and Hameiri (2003) ได้ศึกษาระบบการวิเคราะห์หลายมิติสำหรับการแก้ปัญหาเคมีเชิงปริมาณ พบว่า อัตราความสำเร็จในการแก้ปัญหาทางเคมีลดลงในขณะที่ปัญหามีความยากขึ้น และยังพบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในการแก้ปัญหาทางเคมีสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

2.1 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด

ตัวแทนความคิดถูกนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนอย่างแพร่หลายในวงการศึกษา ซึ่งมาจากภาษาอังกฤษคำว่า representation ได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของตัวแทนความคิดไว้ดังนี้

Confrey (1990) กล่าวถึงความหมายของตัวแทนความคิดไว้ว่า เป็นการแสดงแนวคิดหรือกระบวนการ โดยใช้ตาราง กราฟ และสมการ

Hoffmann and Laszlo (1991) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด คือตัวแทนการกระทำหรือผลจากความคิดหรือการกระทำ ซึ่งตัวแทนความคิดสามารถใช้บรรยายปรากฏการณ์ต่างๆ ใช้เป็นสิ่งที่แสดงแทนวัตถุที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือเป็นตัวแทนสิ่งที่อยู่ในจินตนาการเพื่อแสดงออกมาให้เห็นชัดเจนหรือเข้าใจมากยิ่งขึ้น

Tabachneck-Schijf and Simon (1995) ได้กล่าวถึงตัวแทนความคิดไว้ว่า เป็นรูปแบบสำหรับการบันทึก จัดเก็บ และแสดงข้อมูลที่ประกอบด้วยองค์ประกอบของข้อมูลที่ใช้อธิบายข้อมูล

Kozma et al. (2000) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิดไว้ว่า การแสดงสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค เช่น รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว หรือแบบจำลอง เป็นต้น เป็นการแสดงออกมาให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ

Pitt (2000) กล่าวถึงตัวแทนความคิดไว้ว่า เป็นสิ่งที่สื่อความหมายถึงคุณสมบัติต่างๆ เช่น เนื้อหา การอ้างอิง สภาวะความเป็นจริง ความจริง เป็นต้น โดยสามารถสื่อหรือบรรจุข้อมูลที่อยู่ภายในสมองออกมาเป็นโครงสร้างหรือสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ของสิ่งๆหนึ่ง หรือหลายๆสิ่ง

Andrade and May (2004) ให้คำจำกัดความของตัวแทนความคิดไว้ว่า เป็นสิ่งที่ใช้เป็นสัญลักษณ์แทนหรือบ่งบอกสิ่งที่อยู่ในจินตนาการ เช่น การบรรยาย การอภิปรายต่างๆ รูปภาพ หรือประติมากรรม เป็นต้น

Eilam (2013) ได้จัดแบ่งประเภทของตัวแทนความคิดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ตัวแทนความคิดภายใน (internal representation) คือ ความคิดหรือภาพที่อยู่ในจินตนาการ แบบจำลองทางความคิดที่อยู่ในสมอง ความทรงจำหรือความรู้ที่สามารถอธิบาย หรือเป็นตัวแทนความรู้ที่มีอยู่เดิมได้ดีกว่าการคิดโดยทั่วไป

2. ตัวแทนความคิดภายนอก (external representation) คือ การสร้างหรือแสดงความคิดที่มีอยู่ในสมองออกมาให้เห็น เช่น การบรรยายเป็นตัวอักษร หรือรูปภาพ เป็นต้น

จากข้อมูลข้างต้นสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งสื่อความหมาย หรือใช้เป็นสัญลักษณ์ เป็นตัวแทนการกระทำ แสดงสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สิ่งที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค หรือแสดงปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น รูปภาพ แบบจำลอง ภาพเคลื่อนไหว ประติมากรรม การบรรยายต่างๆ เป็นต้น โดยจัดแบ่งตัวแทนความคิดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตัวแทนความคิดภายใน (internal representation) ซึ่งเป็นความคิดที่อยู่ในจินตนาการหรือแบบจำลองทางความคิดภายในสมอง และ ตัวแทนความคิดภายนอก (external representation) ซึ่งเป็นการแสดงความคิดออกมาให้เห็นภายนอก

2.2 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ได้นำตัวแทนความคิดมาใช้ประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ หรือสื่อความหมายเพื่อให้แนวคิดนั้นๆ มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น มีการให้คำนิยามและแบ่งประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

De Jong et al. (1998) ได้ให้คำจำกัดความของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นสิ่งที่ถูกคิดขึ้นเพื่อศึกษาแนวคิดหรือเพื่อสร้างความเข้าใจ ตรวจสอบ และแก้ปัญหาสิ่งนั้นๆ

Hilton and Nakhleh (1999) ได้แบ่งประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (macroscopic representation) คือ ตัวแทนความคิดที่ได้มาจากการทดลองหรือสิ่งที่สามารถสังเกตได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น มวลและสีของวัตถุ

2. ตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค (microscopic representation) คือ ตัวแทน

ความคิดของสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น จำนวนอะตอมหรือจำนวนโมเลกุล โครงสร้างอะตอมของสสาร หรือทฤษฎีพันธะเคมี เป็นต้น

3. ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (symbolic representation) คือ ตัวแทนความคิดที่มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ค่าดัชนีต่างๆ สัญลักษณ์อะตอม และการจัดกระทำทางพีชคณิตเกี่ยวกับตัวเลขและสัญลักษณ์ ในการสื่อความหมาย

Harrison (2001) กล่าวถึงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย รูปภาพ สัญลักษณ์ แผนภาพ สูตร แบบจำลอง คำพูด ตัวอักษร และการสาธิต โดยตัวแทนความคิดที่เป็นรูปภาพ หรือสัญลักษณ์อาจแสดงออกด้วยการเขียนอธิบาย การพูดอธิบาย การเปรียบเทียบ หรือการทำกิจกรรมต่างๆ เป็นต้น

Gilbert (2005) ได้แบ่งรูปแบบของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่

1. ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม (concrete or physical mode) ได้แก่ แบบจำลองทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น การใช้ลูกโป่งเป็นตัวแทนออร์บิทัลของอะตอม

2. ตัวแทนความคิดที่เป็นคำพูด (oral mode) เช่น การเปรียบเทียบ หรือการบรรยาย ทั้งจากการพูดและการเขียน

3. ตัวแทนความคิดที่เป็นสัญลักษณ์ (symbolic mode) เช่น สมการเคมีต่างๆ

4. ตัวแทนความคิดที่เสมือนจริง (visual mode) เช่น กราฟในสองมิติ แผนภาพ และภาพเคลื่อนไหว

5. ตัวแทนความคิดที่เป็นลักษณะท่าทาง (gesture mode) เช่น การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆในร่างกายเพื่อใช้เป็นตัวแทนหรืออธิบายแรงยึดเหนี่ยว

Russell and Kozma (2005) ได้แบ่งประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ตัวแทนความคิดภายนอก (external representation) เช่น การแสดงออก สัญลักษณ์ สมการ กราฟ หรือรูปวาด เป็นต้น

2. ตัวแทนความคิดภายใน (internal representation) เช่น แบบจำลองทางความคิดต่างๆ (mental models)

Berthold and Renkl (2009) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นมาสืบสนุนข้อมูลเพื่อสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งให้กับนักเรียน เมื่อนักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดกับความรู้ความเข้าใจที่ได้รับมา ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น สูตร สมการ หรือแผนภาพ

Gilbert and Treagust (2009) ให้คำจำกัดความของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ คือ เอกลักษณะทางความคิดที่เกิดขึ้น โดยเป็นสื่อกลางระหว่างกระบวนการเรียนรู้กับการเรียนการสอน ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และได้แบ่งประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท โดยประเภทที่หนึ่งเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่เกิดจากประสบการณ์หรือจากการสังเกต ประเภทที่สอง คือ ตัวแทนที่สนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆในเชิงคุณภาพ และประเภทที่สามสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆในเชิงปริมาณ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ตัวแทนความคิดประเภทปรากฏการณ์ (phenomenological type) เป็นตัวแทนความคิดที่ใช้แทนหรือเป็นตัวอย่างของปรากฏการณ์ ประกอบด้วย ตัวแทนความคิดที่ได้จากการสังเกตคุณสมบัติของของแข็ง ของเหลว (รวมถึงสารละลาย โดยเฉพาะสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย) คอลลอยด์ แก๊ส และละออง ซึ่งสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น คุณสมบัติด้านมวล ความหนาแน่น ความเข้มข้น ค่าความเป็นกรด เบส อุณหภูมิ และแรงดันออสโมติก เป็นต้น

2. ตัวแทนความคิดประเภทแบบจำลอง (model type) เป็นตัวแทนความคิดที่เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาสืบสนุนสิ่งที่อยู่ในระดับจุลภาค หรือสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาสืบสนุนตัวแทนความคิดประเภทปรากฏการณ์ ยกตัวอย่างเช่น การอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งที่อะตอมหรือโมเลกุลเรียงตัวกันแบบแน่น หรือคอลลอยด์ที่มารวมตัวกันเป็นไมเซลล์ หรือแบบจำลองการกระจายตัวของอิเล็กตรอนเมื่อสร้างพันธะเคมี แบบจำลองออร์บิทัลของอะตอมหรือโมเลกุล โดยตัวแทนความคิดประเภทนี้จัดเป็นตัวแทนความคิดที่แสดงออกมาให้เห็นเป็นรูปธรรม เช่น แผนภาพหรือกราฟในสองมิติ หรือแบบจำลองทรงกลมและแท่ง (ball-and-stick) ในลักษณะของสามมิติ

3. ตัวแทนความคิดประเภทสัญลักษณ์ (symbolic type) เป็นสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนหรือใช้อธิบายตัวแทนความคิดประเภทปรากฏการณ์และประเภทแบบจำลอง เช่น ตัวอักษรที่ใช้แทนสถานะทางกายภาพของสาร เช่น solid (s), liquid (l), gas (g) และ aqueous

(aq) เป็นต้น สัญลักษณ์ที่ใช้ในสมการเคมี ในการคำนวณทางปริมาณสัมพันธ์ หรือสัญลักษณ์ที่ใช้ในการอธิบายเมื่อสารเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะสารละลาย เป็นต้น

Madden et al. (2011) ให้คำนิยามของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นสิ่งที่ใช้เพื่ออธิบาย สร้างแนวโน้ม สร้างโครงสร้าง สร้างแบบจำลอง หรือเป็นสิ่งที่ใช้สื่อความหมายของแนวคิดระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถมองเห็นได้กับปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แผนภาพ โครงสร้าง สมการพีชคณิต กราฟ ตารางข้อมูล และสมการเคมี เป็นต้น

สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ตัวแทนความคิดที่ใช้แทนหรือเป็นตัวอย่างของปรากฏการณ์หรืออธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นเอกลักษณ์ทางความคิดที่เป็นสื่อกลางเพื่ออธิบายหรือสื่อความหมายในสิ่งที่ป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรม หรือสร้างขึ้นมาสืบสนับสนุนข้อมูลเพื่อสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ตัวแทนความคิดในระดับมหภาค ตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค และตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ และสามารถแบ่งรูปแบบของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 รูปแบบ คือ ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม ตัวแทนความคิดที่เป็นคำพูด ตัวแทนความคิดที่เป็นสัญลักษณ์ ตัวแทนความคิดเสมือนจริง และตัวแทนความคิดที่เป็นลักษณะท่าทาง

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในการเรียนการสอนมีหลากหลายแนวทาง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในเนื้อหาที่เรียน และกระบวนการเรียนรู้ โดยมีนักการศึกษาได้ออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Mammino (2008) ได้ออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในการบูรณาการการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. คำนึงถึงเนื้อหาที่นักเรียนยากต่อการทำความเข้าใจ พิจารณาและเลือกข้อมูลในเนื้อหาที่จะต้องอธิบายโดยเฉพาะเจาะจง
2. มีการใช้หรือนำรูปภาพมาแสดงเพื่ออธิบายในเนื้อหานั้นๆ และเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถจินตนาการในสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้
3. พยายามไม่จัดการเรียนการสอนโดยการเขียนบรรยายบนกระดานเพียงอย่างเดียว

4. มีการประเมินความรู้อย่างเข้าใจของนักเรียน โดยการตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ว่ามีการใช้ตัวแทนความคิดได้อย่างถูกต้องหรือไม่

โดยการเรียนการสอนที่มีการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์นี้ จะช่วยสร้างจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจให้ง่ายและชัดเจนยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนมีบทบาทดังนี้

1. ตั้งคำถามหรือกระตุ้นให้นักเรียนเขียนแสดงคำตอบด้วยตนเอง
2. แนะนำแนวทางหรือยกตัวอย่างแบบง่ายเพื่อช่วยให้นักเรียนค้นพบคำตอบได้ด้วยตนเอง

ด้วยตนเอง

3. เดินตรวจตรานักเรียนระหว่างการหาคำตอบ และช่วยชี้แนะนักเรียนรายบุคคลในระหว่างที่กำลังคิดหาคำตอบ จากนั้นจึงอธิบายแนวทางหาคำตอบให้นักเรียนทั้งห้องเรียน

Adadan et al. (2009) ได้ทำการศึกษาและใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน จากงานวิจัย Reform-based teaching with multiple representations และเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (group work)
2. มีการอภิปรายร่วมกัน (whole-class discussion)
3. มีการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย (multiple representations)
 - 3.1 สังเกตปรากฏการณ์ (observing the phenomenon)
 - 3.2 วาดภาพอนุภาค (drawing pictorial particle)
 - 3.3 อธิบายปรากฏการณ์ (explaining the phenomenon)
 - 3.4 ดูสถานการณ์จำลองที่เป็นภาพเคลื่อนไหว (viewing online simulation of motion of particle)

simulation of motion of particle)

4. บันทึกข้อมูล (journal writing)

Sunyono et al. (2015) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (orientation)
 - 1.1 ครูบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียน

1.2 กระตุ้นความสนใจด้วยปรากฏการณ์ทางเคมีที่นักเรียนได้เคยเรียนรู้มาแล้วจากประสบการณ์เดิม

2. ขั้นสำรวจและจินตนาการ (exploration-imagination)

2.1 ครูนำเข้าสู่เนื้อหาที่เป็นนามธรรมโดยการแสดงปรากฏการณ์ทางเคมีหลายๆปรากฏการณ์ ผ่านการสาธิต การใช้ภาพเสมือนจริง เช่น รูปภาพ ตาราง หรือการเปรียบเทียบ และมีการใช้คำถาม ถาม-ตอบ กับนักเรียน

2.2 ครูชี้แนะให้นักเรียนเกิดการจินตนาการตัวแทนความคิดในปรากฏการณ์ทางเคมีผ่านการอภิปรายร่วมกัน

2.3 ส่งเสริมและสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดในการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ผ่านการดำเนินการต่างๆหรือกิจกรรมต่างๆในใบกิจกรรม

3. ขั้นอภิปรายร่วมกัน (internalization)

3.1 ครูชี้แนะและอภิปรายร่วมกับนักเรียนจากการที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ

3.2 ระหว่างการนำเสนอ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการซักถาม และเสนอแนะ

3.3 ครูให้แบบฝึกหัดนักเรียนรายบุคคลเพื่อทดสอบความรู้ ความเข้าใจ

4. ขั้นประเมินผล (evaluation)

4.1 ประเมินผลจากใบงานของนักเรียน

4.2 ครูให้แบบฝึกหัดนักเรียนเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ

4.3 ประเมินผลลัพท์สุดท้าย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในการเรียนการสอนเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งมีเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยปรับใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนจากงานวิจัยของ Sunyono และคณะ ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (orientation)

2. ขั้นสำรวจและจินตนาการ (exploration-imagination)

3. ขั้นอภิปรายร่วมกัน (internalization)

4. ขั้นประเมินผล (evaluation)

2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ นักการศึกษาได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Ainsworth (2006) ได้กล่าวถึงบทบาท ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 บทบาท คือ ส่วนเติมเต็ม (complementary roles) ผลักดันการแปลความหมาย (constrain interpretation) และสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง (construct deeper understanding) ในการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ส่วนเติมเต็ม (complementary roles) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทำหน้าที่เป็นส่วนเติมเต็มข้อมูล โดยการเลือกรูปแบบของตัวแทนความคิดที่ใช้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของข้อมูลที่จะนำไปใช้แทน ตัวอย่างเช่น การใช้ตัวเลขเป็นตัวแทนความคิดของมวล หรือการใช้กราฟ ตารางเป็นตัวแทนความคิดของความเร็ว เพราะตัวแทนความคิดเหล่านี้ไม่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา และสามารถใช้เป็นตัวแทนแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาได้ดี อีกทั้งในข้อมูลหนึ่งๆควรมีการใช้ตัวแทนความคิดหลากหลายในการเป็นตัวแทนข้อมูลนั้นๆ เนื่องจากแต่ละตัวแทนความคิดนั้นจะมีวิธีการแสดงข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้ตัวแทนความคิดที่มีความหลากหลายจะช่วยเติมเต็มข้อมูลนั้นๆได้ดียิ่งขึ้น และเหมาะสมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้ยังช่วยในการเรียนรู้ปรากฏการณ์อื่นๆที่แตกต่างกันได้อีกด้วย หรือกล่าวโดยสรุปได้ว่า การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสามารถเป็นส่วนเติมเต็มข้อมูลของกันและกันได้ ซึ่งหากใช้ตัวแทนความคิดเดียวในการอธิบายข้อมูลหนึ่งๆ อาจเป็นการยากที่จะนำเสนอข้อมูลนั้นได้อย่างครอบคลุมได้

2. ผลักดันการแปลความหมาย (constraining interpretation) ในการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์นั้น การใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายนำมารวมกันหรือประกอบกันที่เหมาะสมสามารถช่วยในการเรียนรู้ได้เมื่อตัวแทนความคิดหนึ่งสามารถผลักดันให้เกิดการแปลความหมายของอีกตัวแทนความคิดหนึ่งได้ โดยการผลักดันให้เกิดการแปลความหมายนี้ตัวแทนความคิดจะต้องมีลักษณะสองประการ ประการแรก คือ เป็นตัวแทนความคิดที่นักเรียนมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว หรือสามารถผลักดันการแปลความหมายของอีกตัวแทนความคิด

หนึ่งที่นักเรียนมีความคุ้นเคยน้อยกว่าได้ เช่น ภาพเคลื่อนไหวที่เป็นรูปธรรมสามารถช่วยผลักดันการแปลความหมายของตัวแทนความคิดที่มีความซับซ้อนและนักเรียนไม่คุ้นเคย เช่น กราฟ เป็นต้น ประการที่สอง คือ การใช้คุณสมบัติโดยธรรมชาติของตัวแทนความคิด ยกตัวอย่างเช่น ตัวแทนความคิดที่เป็นรูปภาพสามารถสื่อความหมายได้จำเพาะเจาะจงมากกว่าตัวแทนความคิดที่เป็นตัวอักษร ยกตัวอย่างเช่น หากกล่าวประโยคที่ว่า “แมวอยู่ข้างสุนัข” ประโยคนี้ไม่ชัดเจนว่าแมวอยู่ด้านไหน และสุนัขอยู่ด้านไหนของแมว หากแสดงด้วยรูปภาพจะสามารถเห็นได้ชัดเจนว่าแมวและสุนัขอยู่ตำแหน่งใด ดังนั้นหากตัวแทนความคิดที่เป็นรูปภาพและตัวอักษรอยู่ร่วมกันแล้ว การแปลความหมายของตัวแทนความคิดที่เป็นรูปภาพสามารถผลักดันตัวแทนความคิดหนึ่งที่เป็นตัวอักษรได้ และมีความจำเพาะเจาะจงมากกว่า

3. สร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง (construct deeper understanding) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง เมื่อนักเรียนได้มีการบูรณาการข้อมูลนั้นเป็นการยากที่จะทำความเข้าใจโดยใช้เพียงตัวแทนความคิดเดียว หากมีการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย จะช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายโอนไปสู่สถานการณ์ใหม่ด้วย โดยสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นเป็นกระบวนการที่เกิดจากนักเรียนสร้างมโนทัศน์ขึ้นภายในสมอง ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำหรับการจัดการกับเนื้อหาในระดับที่สูงขึ้น โดยจากการศึกษาพบว่าตัวแทนความคิดที่ได้จากการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มจะเป็นนามธรรมมากกว่าการสร้างรายบุคคล โดยตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมอาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีความต้องการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดหนึ่งระหว่างบุคคล

การขยายความรู้สามารถพิจารณาได้จากกระบวนการขยายความรู้ที่นักเรียนนั้นรู้อยู่แล้วไปสู่ความรู้ใหม่และส่งผลไปสู่ตัวแทนความคิด โดยที่ไม่มีการจัดระบบพื้นฐานตามธรรมชาติของความรู้นั้น ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนรู้วิธีการในการแปลความหมายของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา แล้วสามารถขยายไปสู่การคำนวณความเร่งได้โดยการใช้ตัวแทนความคิดที่เป็นกราฟหรือตารางของความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลา

กระบวนการที่สองตัวแทนความคิดถูกทำให้เกี่ยวเนื่องกันโดยไม่มีการจัดระบบความรู้ใหม่นั้นจะช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ได้ ซึ่งในบางกรณีนั้นจุดประสงค์ในการสอนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดสามารถจับได้ด้วยตนเอง ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาทางคณิตศาสตร์มักสงสัยว่าทำอย่างไรจึงจะได้กราฟที่สามารถอธิบายสมการได้ ซึ่งสามารถใช้ตัวแทนความคิดอาจใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสิ่งที่เป็นนามธรรม

นอกจากนี้สิ่งสำคัญที่ควรคำนึง คือตัวแทนความคิดช่วยเสริมสร้างจุดมุ่งหมายและความรู้ของนักเรียน ไม่ขึ้นอยู่กับการจัดระบบการเรียนรู้ เช่น นักเรียนคนหนึ่งอาจ

คุ้นเคยกับข้อมูลที่เป็นตารางแล้วสามารถขยายไปสู่การสร้างกราฟได้ ในขณะที่นักเรียนอีกคนหนึ่งคุ้นเคยกับข้อมูลกราฟและตารางเป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกราฟกับตารางได้ ดังนั้นการเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งโดยใช้ตัวแทนความคิดจึงจัดเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้

Prain and Tyler (2013) กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ต่อการเรียนการสอนไว้ว่า

1. ช่วยให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
2. ช่วยกระตุ้นความสนใจและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
3. ช่วยให้นักเรียนมองเห็นความคิดเป็นรูปธรรมมากขึ้น และทำให้เกิดการวินิจฉัยและกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้
4. ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ตัวแทนความคิดและมีทางเลือกในการเรียนรู้
5. สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านศักยภาพในการเชื่อมโยงกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน
6. สามารถทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้รูปแบบและการใช้แบบแผนของตัวแทนความคิดในเวลาที่เหมาะสม

ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้มีบทบาทและเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียนหลายด้าน อาจกล่าวโดยสรุปได้คือ ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มี 3 บทบาทต่อการเรียนรู้ คือ บทบาทส่วนเติมเต็ม (complementary roles) บทบาทผลักดันการแปลความหมาย (constraining interpretation) และบทบาทในการสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง (construct deeper understanding) นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้กับนักเรียน เช่น ช่วยให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และประโยชน์ที่ประจักษ์ชัดที่สุดคือสามารถช่วยให้นักเรียนมองเห็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นจนเกิดการเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

ชมพูนุท ขาวบ้านเกาะ (2554) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน (Representation) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน จากการศึกษาพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิยฉัตร พูนพิพัฒน์ (2556) ได้ทำการศึกษา ผลการเรียนรู้การสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่มีผลต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารและความสามารถในการวิเคราะห์ โดยแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป จากการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสาร และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยต่างประเทศ

Tsui and Treagust (2004) ได้สำรวจการเปลี่ยนมโนคติของนักเรียนระดับเกรด 10 และ 12 เมื่อเรียนรู้ด้วยการสอนโดยใช้ตัวแทนความคิดในเรื่องพันธุศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้ใช้ตัวแทนความคิดที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์และโมเลกุลทางพันธุกรรม ผลการวิจัยพบว่า สามารถสนับสนุนกระบวนการทางปัญญา และการแก้ปัญหา เนื่องจากตัวแทนทางความคิดสามารถทำให้มโนคติที่ยากมีความเข้าใจง่ายขึ้น และสามารถเปลี่ยนมโนคติของนักเรียนที่เข้ารับการทดลองได้ และมีมโนคติที่คงทน

Adadan; Irving and Trundle (2009) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนด้วยตัวแทนความคิดที่มีต่อความเข้าใจมโนคติเรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยตัวแทนของการทดลองนี้คือ ตัวแทนความคิดด้านภาษา (Verbal Representations) ประกอบด้วย การบรรยายเชิงภาษาของนักเรียนผ่านการพูด และการเขียน และตัวแทนความคิดด้านอวัจนภาษา (Non-Verbal Representations) ประกอบไปด้วยภาพวาดของนักเรียน ภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง หรือสถานการณ์จำลอง จากผลการทดลองพบว่าการสอนดังกล่าวสามารถยกระดับมโนคติเรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารได้

Prain; Tytler and Peterson (2009) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้ซึ่งใช้วิธีการนำเสนอตัวแทนความคิด เช่น แผนภาพ การแสดงท่าทาง การวาดอธิบายด้วยภาพ และการรายงานด้วยคำพูด ในเรื่อง การระเหย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา จากการสัมภาษณ์ผลการศึกษาพบว่า หลังจากการเรียนรู้นี้นักเรียนสามารถเข้าใจมโนติดังกล่าวได้ และครูสามารถเข้าใจความคิดของนักเรียนได้

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการเรียนการสอนนั้นจำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผลความรู้ความเข้าใจของนักเรียนนั้นหลังการเรียนรู้ หนึ่งใน การวัดความรู้ความเข้าใจของนักเรียนคือการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีนักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วให้คำจำกัดความไว้ ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาร์ ยินดีสุข (2548) ได้กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้มาจากระบวนการเรียนการสอน

ปราณี กองจินดา (2549) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หรือประสบการณ์เรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย

จารุวรรณ นาคุบัว (2552) ได้กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นความรู้ความสามารถของผู้เรียนในการเข้าถึงความรู้และทักษะทางการเรียน ที่เกิดขึ้นหลังจากการเรียนการสอน โดยสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จินดารัตน์ แก้วพิกุล (2554) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในด้านความรู้ และทักษะทางการเรียน ซึ่งโดยปกติแล้วจะพิจารณาได้จากคะแนนสอบหรือภาระงานที่ครูกำหนดให้ทำ หรือทั้งสองอย่าง

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ หรือความสามารถของผู้เรียนทั้งหมดที่เกิดจากระบวนการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทั้งทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ซึ่งสามารถวัดได้จากการวัดผลของครูผู้สอน

3.2 ความหมายและประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินว่าผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะตรงตามต้องการมากน้อยแค่ไหนควรตัดสินผ่านการวัดด้วยเครื่องมือวัดทางการศึกษา หนึ่งในเครื่องมือวัดทางการศึกษาที่ใช้วัดความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (achievement test) นักการศึกษาได้ให้ความหมายและแบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Puckett and Black (2000) ได้ให้คำจำกัดความของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะ หรือสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด

ลัวน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาที่ได้เรียนรู้มาแล้วว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถเพียงใด เช่น การสอบวัดผลการเรียนรู้ในปัจจุบัน และได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบของครูที่สร้างขึ้น โดยเป็นแบบทดสอบประเภทข้อคำถาม ที่ถามเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน เพื่อทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากเพียงใด หรือมีข้อบกพร่องตรงไหนเพื่อที่จะได้นำมาสอนซ่อมเสริม หรือใช้วัดเพื่อดูความพร้อมในการขึ้นบทเรียนใหม่

2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาหรือจากครูผู้สอนในวิชานั้นๆ และต้องผ่านการทดลองเพื่อหาคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพดีพอจึงจะสร้างเกณฑ์ปกติ (norms) ของแบบทดสอบนั้นได้ โดยแบบทดสอบมาตรฐานนี้สามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลในการประเมินการสอนเรื่องใดๆ หรือนำมาใช้วัดอัตราความงอกงามของนักเรียนแต่ละวัย อาจใช้สำหรับให้ครูวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ระหว่างวิชาต่างๆ อีกทั้งยังเป็นมาตรฐานให้แต่ละโรงเรียนได้ดำเนินการสอบแบบเดียวกัน และมีมาตรฐานของการแปลคะแนนด้วย

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบวัดความรู้เชิงวิชาการ ที่เน้นการวัดความรู้ ความสามารถจากการเรียนรู้ที่ได้เรียนมา หรือความรู้ในสภาพปัจจุบันของแต่ละบุคคล

บรรดล สุขปิติ (2542) ได้แบ่งเกณฑ์เพื่อจำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดังนี้

1. จำแนกตามลักษณะการสร้าง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- 1.1 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (teacher made tests) เป็นแบบทดสอบที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นเอง เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยมักจะเป็นแบบทดสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาตามหลักสูตรที่เรียนนั้นๆ ซึ่งโดยทั่วไปแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองจะมี 2 ชนิด คือ แบบทดสอบที่ใช้วัดการเรียนการสอน (formative tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียน แล้วนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการสอนของครู อีกชนิดหนึ่ง

คือ แบบทดสอบที่ใช้วัดผลการเรียนการสอน (summative tests) เป็นแบบทดสอบที่นำผลไปใช้ในการสรุปรวบยอดหรือตัดสินผลการเรียน ในการตรวจให้คะแนนและแปลผลมักจะใช้วิธีเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มที่สอบด้วยกัน หรือวัดเปรียบเทียบตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

1.2 แบบทดสอบมาตรฐาน (standardize tests) เป็นแบบทดสอบที่มีมาตรฐาน ซึ่งมาตรฐานที่กำหนดนี้แบ่งเป็น 3 ประการ ได้แก่ ประการแรก คือ มาตรฐานในการดำเนินการสร้าง คือ ต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ และนำมาพัฒนาจนมีความน่าเชื่อถือ แบบทดสอบประเภทนี้มักออกแบบให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระแบบกว้างๆ ในหลักสูตรนั้นๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้กับสถาบันการศึกษาโดยทั่วไปได้ ประการที่สอง คือ มาตรฐานในการดำเนินการสอบ กล่าวคือ มีคู่มือในการดำเนินการสอบเพื่อให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันในการนำไปดำเนินการสอบปฏิบัติ และประการที่สาม คือ มาตรฐานในการให้คะแนนหรือความหมายของคะแนน ซึ่งไม่ว่าใครเป็นผู้ให้คะแนนก็ให้ผลคะแนนที่เหมือนกัน มีเกณฑ์ปกติ (norms) ที่เป็นมาตรฐาน

2. จำแนกตามเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของคะแนน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (criterion referenced tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดระดับความรู้ของผู้เรียนว่ามีความรู้ความสามารถเพียงใด จึงต้องสร้างให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียน หลังจากนั้นจะนำคะแนนที่ได้จากการสอบไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (absolute standard) แล้วแปลความหมายออกมาว่านักเรียนมีระดับความรู้ในเนื้อหานั้นๆ มากน้อยเพียงใด

2.2 แบบทดสอบอิงกลุ่ม (norms referenced tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยกัน เพื่อนำมาจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ตามระดับความสามารถ และเพื่ออธิบายว่านักเรียนคนนั้นเก่งหรืออ่อนมากน้อยเพียงใด แบบทดสอบอิงกลุ่มจึงต้องสร้างให้สามารถจำแนกผู้เรียนได้ดี

3. จำแนกตามลักษณะการตรวจให้คะแนน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 แบบทดสอบอัตนัย (subjective tests) เป็นแบบทดสอบที่มีการตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของผู้ตรวจ ดังนั้นผู้ตรวจคนละคนกันจะมีการให้คะแนนที่ไม่ตรงกันหรือไม่สอดคล้องกัน ลักษณะการให้คะแนนจึงไม่คงที่ ทั้งนี้ทั้งนั้นจุดเด่นของแบบทดสอบแบบอัตนัย คือ ในแต่ละข้อคำถามสามารถวัดความรู้ความสามารถได้ในหลายๆ ด้าน ผู้ตอบมีโอกาสแสดงความคิดเห็น ความสามารถ ความรู้สึกได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังสามารถวัด

ในการเขียนได้ ลักษณะของข้อคำถามจะเป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบได้บูรณาการแนวคิด และประเมินแนวคิดของผู้ตอบว่าเหมาะสมกับสถานการณ์นั้นๆหรือไม่ โดยข้อสอบอัตนัยนี้เหมาะสำหรับวัดความสามารถทางสมองขั้นสูง

3.2 แบบทดสอบปรนัย (objective tests) เป็นแบบทดสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบมีเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานชัดเจน แบบทดสอบชนิดนี้มักเรียกว่าแบบทดสอบที่ถูกเป็นหนึ่ง ผิดเป็นศูนย์ หมายความว่า ตอบถูกจะได้คะแนน ถ้าตอบผิดจะไม่ได้คะแนน ข้อคำถามในแบบทดสอบจะมีขอบเขตที่จำกัด มีการกำหนดคำตอบมาให้ล่วงหน้า ซึ่งคำถามแต่ละข้อสามารถวัดความสามารถเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็นได้เหมือนแบบทดสอบแบบอัตนัย

บุญศรี พรหมมาพันธุ์ และนวนลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม (2545) ได้สรุปความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า คือชุดของคำถามที่มุ่งวัดความรู้ ความสามารถ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่างๆ ของนักเรียนหลังการเรียนรู้

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2545) กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการ ว่าบรรลุผลตามประสงค์ที่กำหนดไว้ให้มากน้อยเพียงใด

สมบูรณ์ ดันยะ (2545) กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนว่า มีความรู้ ความสามารถในการเรียนมาแล้ว หรือหลังจากได้รับการฝึกอบรมมากน้อยเพียงใด

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2549) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบมาตรฐาน (standardized tests) แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในเนื้อหา นั้นๆ และมีทักษะการสร้างแบบทดสอบ มีการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยแบบทดสอบต้องมีความเป็นปรนัย (objective) มีความเที่ยงตรง (validity) และมีความเชื่อมั่น (reliability) ยกตัวอย่างแบบทดสอบมาตรฐานเช่น California Achievement Test, Iowa Test of Basic Skills, Stanford Achievement Test และ Metropolitan Achievement Tests

2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (teacher made tests) เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบปรนัย (objective test) ได้แก่ ข้อสอบแบบถูก-ผิด (true-false) แบบทดสอบจับคู่ (matching) แบบทดสอบแบบเติมคำ (completion) แบบทดสอบแบบตอบสั้น (short answer) และแบบเลือกตอบ (multiple choice)

2.2 แบบทดสอบแบบอัตนัย (essay tests) ได้แก่ แบบจำกัดคำตอบ (restricted response items) และแบบไม่จำกัดคำตอบหรือตอบอย่างเสรี (extended response items)

ชวาล แพรัตกุล (2552) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึงแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ที่ได้เรียนรู้จากโรงเรียนและจากที่บ้าน ยกเว้น การวัดทางด้านร่างกาย ความถนัด และทางบุคคลหรือสังคม เช่น อารมณ์และการปรับตัว เป็นต้น

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งสำหรับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้นักเรียนตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด เพื่อให้ผู้สอนได้ทราบว่านักเรียนมีการพัฒนาความรู้ ความสามารถถึงมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

จากข้อความข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบความรู้ ทักษะ ความสามารถ และสมรรถภาพของนักเรียนที่ได้เรียนรู้มาแล้ว หรือวัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนในด้านต่างๆ ภายหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และมีการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ โดยในการวิจัยนี้ได้ใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภท แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (teacher made tests) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบปรนัย (objective test) ได้แก่ ข้อสอบแบบถูก-ผิด (true-false) แบบทดสอบจับคู่ (matching) แบบทดสอบแบบเติมคำ (completion) แบบทดสอบแบบตอบสั้น (short answer) และแบบเลือกตอบ (multiple choice)

2.2 แบบทดสอบแบบอัตนัย (essay tests) ได้แก่ แบบจำกัดคำตอบ (restricted response items) และแบบไม่จำกัดคำตอบหรือตอบอย่างเสรี (extended response items)

3.3 แนวคิดที่เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูสร้างขึ้นควรคำนึงถึงจุดมุ่งหมายในการวัด และจุดประสงค์ในการเรียนรู้พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย เพื่อให้นักเรียนบรรลุผลในด้านความรู้ และทักษะกระบวนการต่างๆหลังได้รับการเรียนรู้ มีนักการศึกษาได้เสนอแนวคิดในการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยไว้ ดังนี้

Bloom (2006) ได้เสนอลำดับขั้นในการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิดไว้ 6 ขั้น ดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ (remember) หมายถึง ความรู้ที่ได้มาจากการจดจำ ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบได้สิ่งที่ได้เรียนรู้มา มีสาระอะไรบ้าง โดยในขั้นนี้ความรู้ความจำนี้จะป็นขั้นที่ต่ำที่สุด เนื่องจากการเป็นการระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริงต่างๆ กฎเกณฑ์ หรือ ทฤษฎีต่างๆ เป็นต้น
2. ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถจับใจความสำคัญของเนื้อหาที่ได้เรียนรู้หรือเป็นการแปลข้อความจากตัวเลข การสรุป การเปรียบเทียบซึ่งการเรียนรู้ในขั้นนี้ถือการเรียนรู้ขั้นที่สูงกว่าการท่องจำตามปกติอีกขั้นหนึ่ง
3. การนำไปใช้ (application) หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ดังนั้นในขั้นนี้จึงรวมถึงความสามารถในการเอากฎ มโนคติ หลักสาระสำคัญ วิธีการนำไปใช้ โดยการเรียนรู้ในขั้นนี้นั้นนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดีมาแล้วจึงสามารถนำความรู้ที่นำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงจัดให้ขั้นนี้มีอันดับสูงกว่าความเข้าใจ
4. การวิเคราะห์ (analysis) หมายถึง ความสามารถที่จะแยกแยะเนื้อหาวิชาลงไปเป็นองค์ประกอบย่อยต่างๆ เหล่านั้น เพื่อที่จะทำให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแยกแยะหาส่วนประกอบย่อยๆ การหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยๆ ตลอดจนหลักสำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย การเรียนรู้ในขั้นนี้จึงถือว่าเป็นขั้นที่สูงกว่าการนำไปใช้
5. การประเมินผล (evaluation) หมายถึง การตัดสินคุณค่า โดยผู้เรียนสามารถตั้งเกณฑ์ในการประเมินหรือตัดสินคุณค่าต่างๆได้ และสามารถแสดงความเห็นในเรื่องนั้นๆได้
6. การสร้างสรรค์ (creation) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ได้ คิดทำนายสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้ คิดวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากขั้นการนำไปใช้ ซึ่งการแก้ปัญหาในขั้นนี้อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ

ประวิตร ชูศิลป์ (2524) ได้จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ใน 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกหรือความจำได้ในสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับข้อมูลเท็จจริง หลักการ กฎ ทฤษฎีต่างๆ และความคิดรวบยอด
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้ เมื่อความรู้ นั้นไปปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ และเป็นความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง
3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ตลอดจนวิธีการต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ หรือในสถานการณ์ที่มีความแตกต่างจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในด้านการสังเกต การจัดกระทำและสื่อความหมาย การตั้งสมมติฐาน การคำนวณ การทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป

ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยในการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ดังนั้นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงต้องเหมาะสมกับเนื้อหา สารที่ต้องการวัด การใช้ตัวแทนความคิดมี การใช้ในรูปแบบของสัญลักษณ์ ดังนั้นจึงเลือกแนวความคิดของบลูม เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการวัดใน 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความจำ
2. ความเข้าใจ
3. การนำไปใช้
4. การวิเคราะห์

3.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องสร้างให้ถูกต้องตามหลัก และครอบคลุมเนื้อหาวิชานั้นๆ โดยมีนักการศึกษาได้ให้ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

บุญศรี พรหมมาพันธุ์ และนวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม (2545) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ ประกอบด้วย

1.1 ศึกษาค้นคว้าวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ โดยศึกษาถึงวิธีการสร้างแบบทดสอบว่ามีแบบใดบ้าง แต่ละชนิดมีวิธีการสร้างและมีข้อดีข้อจำกัดอย่างไร

1.2 กำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้สร้างจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบให้ชัดเจน เพื่อให้สามารถเขียนข้อสอบได้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายนั้น

1.3 กำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดในตารางวิเคราะห์หลักสูตร โดยผู้สร้างจะต้องกำหนดขอบเขตเนื้อหา มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดในด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

1.4 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าจะเป็นแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์หรือแบบอิงกลุ่ม โดยลักษณะของข้อสอบจะเป็นแบบอัตนัยหรือแบบปรนัย หรือเป็นทั้งอัตนัยและปรนัยก็ได้ ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้กำหนดลักษณะข้อสอบ ดังนี้

1.4.1 วัดวัตถุประสงค์ของการวัด

1.4.2 ระดับพฤติกรรมของการเรียนรู้ที่จะวัด

1.4.3 ลักษณะหรือคุณสมบัติผู้เข้าสอบ

1.4.4 จำนวนผู้เข้าสอบ

1.4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบ การดำเนินการสอบ และการตรวจข้อสอบ

1.4.6 ความเป็นอิสระในการตอบ

2. ลงมือสร้างข้อสอบ มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ผู้สร้างแบบทดสอบลงมือสร้างตามรายละเอียดในตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยต้องคำนึงความยากของข้อสอบ ระยะเวลา และการตรวจให้คะแนน

2.2 ตรวจทานข้อสอบที่สร้างขึ้น ต้องมีการทบทวนแบบทดสอบเพื่อให้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมานั้นมีความถูกต้อง ครบถ้วนตามรายละเอียดในตารางวิเคราะห์หลักสูตร แล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับทดลองเพื่อนำไปใช้

3. การตรวจคุณภาพแบบทดสอบก่อนการนำไปใช้

3.1 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการวัด และประเมินผลการศึกษา และด้านการสอน จำนวน 3-5 ท่าน ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อ พิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์ข้อนั้น

หลังจากนั้นนำข้อสอบไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปมาจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับใหม่

3.2 นำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแล้วไปทดสอบ (try out) กับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึง หรือนักเรียนที่เพิ่งเรียนในเรื่องนั้นๆ จำนวนตั้งแต่ 30 คนขึ้นไป

3.3 วิเคราะห์หาคุณภาพข้อสอบ แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จากนั้นนำแบบทดสอบที่ได้คัดเลือกแล้วมาจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับใหม่ นำไปทดสอบกับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงหรือนักเรียนที่เพิ่งเคยเรียนเรื่องนั้นๆ จำนวนตั้งแต่ 30 คนขึ้นไป เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น

3.4 จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริง เพื่อนำไปใช้ในกลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2549) ได้กล่าวถึงแนวทางการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (multiple choice) ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จากการวัดและประเมินผล ทั้งทางด้านความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้ และเจตคติ
2. ลงมือสร้างข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ ประกอบด้วยสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด
3. มีการพิจารณาคุณภาพของข้อสอบอย่างครอบคลุมทั้งปัญหาหรือข้อคำถาม ตลอดจนตัวเลือกและเหตุผลการสร้างตัวเลือก รวมทั้งคำตอบที่ถูกต้องและการบันทึกเกี่ยวกับคำตอบ

4. มีการตรวจสอบความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย ความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อสอบ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องมีการรวบรวม ศึกษาค้นคว้าข้อมูลก่อนการสร้าง หลังจากสร้างแล้ว ต้องมีการนำไปหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยการทดลองใช้ (try out) แล้วนำมาปรับปรุงเลือกข้อสอบให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น จากนั้นจึงจะสามารถจัดพิมพ์ข้อสอบฉบับจริงแล้วนำไปใช้กับกลุ่มทดลองในการวิจัยได้ และในการวิจัยนี้ได้เลือกชนิดของแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ (multiple choice) จึงต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ในการเรียนรู้ ทั้งทางด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้ และเจตคติ ก่อนการลงมือสร้างข้อสอบ

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

ชลสิทธิ์ จันทิสี (2543) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับการสอนคู่มือครู เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุดารัตน์ นนทคลัง (2549) ได้ทำการศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีการเขียนข้อคำถามให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนก และตรวจคุณภาพของแบบทดสอบในด้านความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR₂₀ ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน หาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีการเปรียบเทียบกลุ่มรู้ชัดด้วยการทดสอบ T-Test และมีการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อน จากผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 มีความสอดคล้องกับความ

คาดหวังของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน และครอบคลุมเนื้อหาสาระและจุดประสงค์ด้านพฤติกรรม มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.20-0.79 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.47 อีกทั้งข้อสอบยังสามารถจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่งกับนักเรียนกลุ่มอ่อนออกจากกันได้ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับอยู่ที่ 0.86 และพบว่านักเรียนมขสามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์คะแนนมาตรฐาน ผ่านช่วงชั้นที่ 3

นิพัทธา ชัยกิจ (2551) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบสรรค์สร้างและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อารีย์ เมฆวิสัย (2553) ทำการศึกษาการใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกัน เพื่อศึกษาการใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกัน โดยผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ต่างก็มีการใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของสัญลักษณ์หรือตัวแปรมากที่สุด รองลงมามีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูง มีการใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของข้อความ แต่นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลางและต่ำ มีการใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของรูปภาพ

งานวิจัยต่างประเทศ

Davis (1979) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการชี้แนะแนวทางในการค้นพบ กับการสอนแบบครูบอกให้รู้ตามหนังสือแบบเรียน จากผลการทดลองพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยการชี้แนะแนวทางในการค้นพบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Ghandour (1986) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (multiple choice) ในด้านของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าความเชื่อมั่น โดยใช้เครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบธรรมดา แบบทดสอบแบบเลือกตอบที่เป็นลักษณะของการเลือกปลายเปิด และแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิดเลือกปลายเปิด โดยเนื้อหาที่ใช้ในการออกข้อสอบคือเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องแคลคูลัส แอลจีบรา และเรขาคณิต มีการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความยากง่ายจำนวน 7 ข้อ สมมติฐานเกี่ยวกับค่าอำนาจจำแนก จำนวน 4 ข้อ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า แบบทดสอบแต่ละชนิดมีค่าความเชื่อมั่นในลักษณะรวมเนื้อหาและแยกเนื้อหาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในส่วนของค่าความยากง่าย พบว่าข้อสอบแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในระหว่างเพศ และในส่วนของเนื้อหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของมโนคติ

มโนคติเป็นคำที่มาจากภาษาอังกฤษคำว่า concept ซึ่งบางครั้งอาจใช้คำว่ามโนทัศน์ หรือมโนภาพ ได้มีสถาบันการศึกษาและนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของคำว่ามโนคติไว้ ดังนี้

Good (1973) ได้ให้ความหมายของมโนคติไว้ 3 ลักษณะ คือ

1. ความคิดหรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบ หรือลักษณะร่วมซึ่งสามารถนำมาจำแนกเป็นกลุ่มได้
2. ความคิดทั่วไปที่เป็นเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจการหรือวัตถุ
3. ความรู้สึนึกคิด ความเห็น ความคิด และมโนภาพ

จากความหมายของมโนติดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนคติ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกตหรือประสบการณ์แล้วนำมาประมวลเป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นๆ

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย (2525) ให้คำจำกัดความของมโนคติไว้ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

หลายๆแบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ทวีป บรรจงเปลี่ยน (2540) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือ เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์หลายๆแบบ ใช้คุณลักษณะประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป เพื่อใช้อธิบายหรือให้คำจำกัดความของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น

เสงี่ยม ช่างเกวียน (2541) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องนั้นในหลายๆแบบแล้วใช้คุณลักษณะเกี่ยวกับเรื่องนั้นมาประมวลเป็นข้อสรุป และยังระลึกได้ว่าสิ่งนั้นมีลักษณะเฉพาะอย่างไร สามารถแยกแยะสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่นๆได้อย่างชัดเจน

ยุวดี เยี่ยมแสง (2542) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนมติไว้ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดมาจากการสังเกตหรือจากประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งหรือเรื่องนั้น และใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลด้วยกันเป็นข้อสรุปเพื่อให้ได้คำจำกัดความของเรื่องนั้นๆ

สุวิทย์ มูลคำ (2547) กล่าวว่า การคิดเชิงมโนมติ หมายถึง ความสามารถทางสมองในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างชัดเจน มีการจัดระบบ จัดลำดับความสำคัญของข้อมูลเพื่อสร้างเป็นความคิดรวบยอดของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น

ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งที่ได้สังเกตหรือจากประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเพื่อให้เกิดคำจำกัดความ

4.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ได้มีสถาบันการศึกษาและนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Klopfer (1971) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ เพื่อความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่ามโนมตินั้นมีการศึกษาในโลกธรรมชาติ

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย (2525) ได้เสนอความเห็นเกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ มโนคติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกันไปอย่างลึกซึ้งตลอดเวลา ซึ่งมโนคติอาจจะเกิดจากการนำเอามโนติหลายๆมโนติมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้มโนคติทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นข้อเท็จจริงที่เน้นในเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด ยิ่งกว่านั้นมโนคติเกี่ยวกับที่เป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกันจะช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆได้

ทวีป บรรจงเปลี่ยน (2540) ได้ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริง และหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและดีที่สุด อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการคิดขั้นต่อไป

เสงี่ยม ช่างเวียน (2541) ได้กล่าวถึงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เกิดจากความคิดความเข้าใจของบุคคลที่จะสรุปสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์

ยุวดี เยี่ยมแสง (2542) ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ ผลการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ และสถานการณ์ต่างๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผลเป็นข้อสรุป และสามารถอธิบายถึงปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นได้

ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Science Concept) หมายถึง ความคิด หรือความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

นัฐพร กมลทิพย์ (2554) ได้กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการศึกษาข้อเท็จจริง ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วนำมาลงเป็นข้อสรุปที่นักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

จากความหมายมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่ได้จากการนำข้อเท็จจริงมาประมวลอย่างมีเหตุผล ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน เพื่อช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ หรือช่วยในการสรุปลงความเห็นต่อสิ่งนั้นๆ

4.3 ความหมายของความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์

ได้นักการศึกษาอธิบายถึงความหมายของความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

Haidar (1997) ได้กล่าวถึงความหมายของความเข้าใจในมิติไว้ว่า หมายถึง ระดับความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งจัดการให้คะแนนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

1. ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องครบสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับโดยทั่วไป

2. ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ไม่ครบสมบูรณ์ตามแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์

3. ความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU&MU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกและมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์

4. มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : MU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูก แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับโดยทั่วไป

5. ความไม่เข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding : NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูก ไม่มีการอธิบายเหตุผล หรืออธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับปัญหาหรือเขียนว่าไม่เข้าใจ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระดับความเข้าใจในมิติของ Haidar ในแบบทดสอบวัดความเข้าใจในมิติ ซึ่งมีการวัดใน 5 ระดับ คือ ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) ความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU&MU) มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : MU) และ ความไม่เข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding : NU)

4.4 การสร้างมโนคติ

จากการศึกษาพบว่า ได้มีนักการศึกษาหลายท่านเสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนคติในลักษณะต่างๆไว้ ดังนี้

Ausubel (1968) ได้กล่าวว่า ลำดับขั้นในการสร้างมโนคติดังนี้

1. วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้า
2. สร้างสมมติฐานเกี่ยวกับลักษณะร่วมของสิ่งเร้า
3. ทบทวนสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง
4. เลือกสมมติฐานที่สามารถครอบคลุมสิ่งเร้าที่มีลักษณะบางประการ

เหมือนกัน

5. นำลักษณะเฉพาะของสิ่งเร้าที่คิดไว้จากสมมติฐานที่สัมพันธ์กับโครงสร้าง

ความคิดที่มีอยู่เดิม

6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนคติใหม่ได้กับมโนคติที่มีอยู่เดิม เพื่อหา

ความสัมพันธ์

7. สรุปความหมายของมโนคติที่ได้รับมาใหม่ให้ครอบคลุม
8. คิดหาสัญลักษณ์ทางภาษาที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นตัวแทนของมโนคติใหม่

ที่ได้รับมา

Piaget (1996) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างมโนคติไว้ว่า โครงสร้างทางสติปัญญาของมนุษย์ ประกอบด้วย

1. โครงสร้าง (Schema)
2. กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง (Assimilation)
3. กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation)
4. สภาวะสมดุล (Equilibrium)

ในโครงสร้างทางสติปัญญาทั้ง 4 องค์ประกอบนี้ โครงสร้างที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการสร้างมโนคติ คือ กระบวนการปรับโครงสร้าง และกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง ซึ่งกระบวนการปรับโครงสร้างนั้นประกอบด้วยความสามารถในการจำแนก (Discrimination) และความสามารถในการสรุปครอบคลุม (Generalization) เช่น เด็กสามารถแยกสัตว์สี่เท้าออกจากพวกนก และสามารถจัดสัตว์ที่พบเห็นเข้าเป็นพวกนก สัตว์สี่เท้า และสัตว์เลื้อยคลานได้ โดยใช้ความสามารถในการสรุปครอบคลุมลักษณะของสัตว์ เช่น นก ไก่ เป็ด รวมเข้าเป็นสัตว์ปีกได้ ความสามารถในการสรุปครอบคลุมนั้นจะช่วยส่งเสริมกระบวนการปรับเข้าโครงสร้างให้มีคุณภาพ

ในระดับที่สูงยิ่งขึ้น กล่าวคือเมื่อบุคคลมีการจัดประเภทของวัตถุหรือสิ่งที่มีชีวิตอยู่ได้แล้ว เมื่อไปพบกับวัตถุใหม่ซึ่งสามารถจัดเข้าประเภทเดียวกันได้ บุคคลนั้นจะใช้กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างจัดเข้าประเภท ส่วนกระบวนการปรับขยายโครงสร้างนั้น หมายถึง เมื่อบุคคลพบสิ่งใหม่ที่ไม่สามารถจัดเข้าโครงสร้างเดิมได้ ก็จะจัดเข้าประเภทใหม่หรือปรับโครงสร้างใหม่ บุคคลที่มีความสามารถปรับโครงสร้างใหม่ได้นี้เป็นบุคคลที่มีความสามารถสร้างมโนคติใหม่ได้

ประสาน มาลากุล (2531) ได้ทำการศึกษาพบว่า การเรียนรู้มโนคติขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอน โดยพัฒนาการของการเรียนมโนคติแบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ

1. ขั้นที่นักเรียนจำวัตถุสิ่งต่างๆและนึกชื่อสิ่งนั้นได้
2. ขั้นที่นักเรียนจำสิ่งใดสิ่งหนึ่งในสภาพการณ์ และเวลาที่ต่างกันได้ สามารถสรุปความคล้ายและแผ่ขยายมโนคติที่มีอยู่เดิมได้ เช่น ปลาย่อมเป็นปลาเสมอไม่ว่าจะอยู่ที่ใดเวลาใด
3. ขั้นที่นักเรียนสามารถจัดประเภทสิ่งที่มีลักษณะร่วมไว้ในกลุ่มเดียวกันได้
4. ขั้นสุดท้าย เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถเชื่อมมโนคติ อธิบายความหมาย จำแนกความแตกต่างระหว่างมโนคติต่างๆได้ ซึ่งเป็นระดับที่มีการเรียนรู้มโนคติอย่างสมบูรณ์

Lovell (1996) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนคติไว้ ดังนี้

1. กระบวนการรับรู้ (Perception)
2. กระบวนการย่นย่อ (Abstraction)
3. กระบวนการสรุปครอบคลุม (Generalization)

จากกระบวนการทั้งสามนี้ กระบวนการย่นย่อจะเป็นจุดที่สำคัญในการสร้างมโนคติ ซึ่งได้แก่ การที่เด็กสามารถวิเคราะห์ลักษณะเด่นที่เป็นลักษณะร่วมกันของวัตถุ หรือเหตุการณ์นั้นๆในสิ่งแวดล้อมนั้น โดยการสร้างมโนคติของเด็กจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการแยกแยะ (discrimination) สมบัติของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นสามารถสรุปครอบคลุมออกไปในลักษณะร่วมกันของสิ่งที่ค้นพบได้

จากแนวคิดการสร้างมโนติดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การสร้างมโนคตินั้นเริ่มจากการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ แล้วเกิดการรับรู้ที่จะนำไปสู่การจัดระบบการคิด แล้วนำมาแยกแยะประเภทโดยอาศัยสมบัติเฉพาะของวัตถุหรือเหตุการณ์นั้นๆ หลังจากนั้นมีการนำมาเชื่อมโยงกับแนวคิดเดิมจนเกิดความเข้าใจแล้วสรุปเป็นมโนคติของตนเองได้

4.5 การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ

ได้มีหน่วยงานทางการศึกษาและนักการศึกษาเสนอแนวคิดหรือหลักการในการสอน เพื่อให้เกิดการมโนคติแก่นักเรียนไว้ ดังนี้

พนัส หันนาคนทร์ (2526) ได้กล่าวถึงการสอนเพื่อให้เกิดมโนคติไว้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. จัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง การอธิบายมโนคติจะชัดเจนหากว่าการอธิบายนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่เข้าใจอยู่ก่อน โดยเฉพาะหากเป็นสิ่งที่มีลักษณะเป็นจริงหรือเป็นประสบการณ์จริง เช่น ในกรณีการหาอุปกรณ์การสอนที่ตรงกับเรื่องที่สอน จะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดียิ่งขึ้น

2. แดงกฎต่างๆให้ชัดเจน ประสบการณ์ที่เป็นจริง สิ่งที่เป็นจริงในการสร้างมโนคติให้นักเรียน โดยประสบการณ์ที่แดงออกมาชัดเจนนั้นย่อมจะสร้างมโนคติที่ถูกต้องและชัดเจน และสิ่งหนึ่งที่จะช่วยได้มาก คือ พยายามให้นักเรียนได้แดงมโนคติออกมาด้วยตนเอง

3. การให้คำอธิบายอย่างแจ่มแจ้ง ในการอธิบายของครูจะต้องพยายามให้หลักการที่ได้ผลในการติดต่อสื่อสารทางความคิด เช่น ใช้คำพูดที่นักเรียนคุ้นเคย ใช้รูปแบบประโยคที่ง่ายๆ เน้นจุดที่สำคัญด้วยการอธิบายซ้ำ ซ้ำให้เห็นความสัมพันธ์ของเรื่องย่อยในเรื่องใหญ่ และใช้คำถามในเรื่องที่เป็นหัวใจหลัก

มนัส บุญประกอบ (2533) ได้กล่าวว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนคตินั้นสรุปได้ดังนี้ การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติโดยใช้แผนผังมโนคติ (Concept mapping) นั้นจะช่วยให้เกิดการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติหลัก มโนคตรอง และมโนคตีย่อยให้เกิดภาพรวมได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังสามารถแสดงให้เห็นลำดับที่ลดหลั่นลงมาจากมโนคติต่างๆด้วย

4.6 งานวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

สมควร ขนชัยภูมิ (2545) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนคติวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ปฏิกิริยาการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีการปรับเปลี่ยนมโนคติของโพสเนอร์และคณะเทียบกับการสอนแบบปกติ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการสอนตามกลวิธีการสอนตามทฤษฎีการปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติของโพสเนอร์และคณะ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนคติหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการสอนตาม

กลวิธีการสอนตามทฤษฎีการปรับเปลี่ยนมโนคติของโพสเนอร์และคณะมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนแบบปกติ และผลหลังการสอนพบว่านักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนในกลุ่มทดลองมีจำนวนร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 0.37 ในขณะที่กลุ่มควบคุมยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 3.12 ถึงร้อยละ 56.25

ทัศนีย์ บุญโย (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติ เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้โปรแกรม The geometer' sketchpad (GSP) โดยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่เน้นการวิเคราะห์โปรโตคอล จากการวิจัยพบว่าหลังจากการใช้โปรแกรม GSP ในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติเรื่องเศษส่วนถูกต้องมากขึ้น และผลที่ได้จากการศึกษาการปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติของนักเรียนตามกรอบแนวคิดของ Dykstra et al. (1992) พบว่า นักเรียนมีการปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนด้านความเข้าใจ การขยายชั้นความเข้าใจ และการเปลี่ยนกรอบความเข้าใจ โดยการปรับเปลี่ยนความเข้าใจเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นมากที่สุด

จิราพรรณ บุญญานุสนธิ์ (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนคติและทักษะการแก้ปัญหาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยประกอบด้วย การให้งาน การบรรยาย การระดมความคิดและลงมือปฏิบัติจริง จากการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบผสมผสานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีความเข้าใจเชิงมโนคติหลังการเรียนที่ถูกต้องสมบูรณ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 66.71 3) นักเรียนมีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาโดยการแสดงวิธีทำและหาคำตอบได้ถูกต้องมากขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 83.57 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานอยู่ในระดับที่มาก

งานวิจัยต่างประเทศ

Berbara et al. (1997) ได้ทำการวิจัยเพื่ออธิบายอิทธิพลของโครงสร้างของตำราเรียนต่อการปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติของนักเรียน ซึ่งได้ทำการทดลองใน 3 เรื่องของวิชาฟิสิกส์ (Physical world, Physics และ Honors Physics) และได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การสัมภาษณ์ การสังเกต การบันทึกวิดีโอและการใช้เทปบันทึกเสียง จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การเปรียบเทียบและกรอบโครงสร้างทางทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม พบว่า การใช้ตำราเรียนที่ขัดแย้งเฉพาะบุคคลเพื่อเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนนั้น ทำให้นักเรียนสามารถค้นพบข้อสับสนมโนคติทางวิทยาศาสตร์เดิมของตนเอง หรือเป็นสาเหตุที่ทำให้

นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการปรับเปลี่ยนความเข้าใจในมิติอื่นๆต่อไป นอกจากนี้ภาษาก็คือเป็นสิ่งจำเป็นในการสนทนาเพื่อแสดงความคิดเห็นของนักเรียนและการได้มาซึ่งมโนคติใหม่ของนักเรียน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่ ในสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมธีวิทยามหาวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 รวมจำนวน 60 คน ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกมาจากกลุ่มห้องเรียนที่มีแผนการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน แล้วสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีจับฉลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดังนี้

กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จำนวน 30 คน

กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 30 คน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย

1. มวลของสารในปฏิกิริยาเคมี

1.1 กฎทรงมวล

- 1.2 กฎสัดส่วนคงที่
2. ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี
 - 2.1 กฎของเกย์-ลูสแซก
 - 2.2 กฎของอาโวกาโดร
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี
4. สารกำหนดปริมาณ

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลา 14 คาบ ใน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ มีการแบ่งช่วงเวลาในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้พัฒนาขึ้นดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	ทดสอบก่อนเรียน	2
1-2	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เรื่อง กฎทรงมวล	2
2	แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่	2
3	แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี	2
3-4	แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี	2
4	แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ	2
5	ทดสอบหลังเรียน	2
รวม		14

2. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลอง Randomized Control Group Pretest-Posttest Design (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2550: 377) โดยมีรูปแบบการวิจัย ดังนี้

ตาราง 2 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
(R) E	T _{1E}	X	T _{2E}
(R) C	T _{1C}	O	T _{2C}

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

(R) E แทน กลุ่มทดลอง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

(R) C แทน กลุ่มควบคุม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

T_{1E} แทน การสอบก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง

T_{1C} แทน การสอบก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม

T_{2E} แทน การสอบหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

T_{2C} แทน การสอบหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

O แทน การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งออกเป็น 6 แผนการจัดการเรียนรู้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ในกิจกรรม เรื่อง ระบบและสิ่งแวดล้อม กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ ซึ่งประกอบด้วย ตารางบันทึกผลการสังเกต คำถามท้ายกิจกรรมการเรียนรู้ สรุปผลการเรียนรู้ และแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 35 ข้อ แบ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบวินิจฉัย 2 ระดับ จำนวน 15 ข้อ

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษามาตรฐาน จุดมุ่งหมาย และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร และเนื้อหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 ศึกษาเนื้อหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จากหนังสือและเอกสารต่างๆ ซึ่งในการวิจัยนี้ประกอบด้วย 5 แนวคิดหลัก ได้แก่ กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ รวมถึงศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาในเรื่องปริมาณสัมพันธ์

1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จากหนังสือและเอกสารต่างๆ โดยจากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้คิดสิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งที่สามารถสังเกตได้ง่ายในระดับมหภาค และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายหรือทำนายการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ จากกระบวนการดังกล่าวผู้วิจัยได้สร้างแผนการ

จัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น ดังนี้

1.3.1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (orientation) เป็นขั้นที่ครูบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียน มีการกระตุ้นความสนใจด้วยปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น การสาธิตการทดลองที่นักเรียนได้เคยเรียนรู้มาแล้วจากประสบการณ์เดิม หรือเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตได้ง่าย

1.3.2 ขั้นสำรวจและจินตนาการ (exploration-imagination) ครูจัดการเรียนรู้โดยนำเข้าสู่เนื้อหาที่เป็นนามธรรม โดยการแสดงปรากฏการณ์ทางเคมีหลายๆปรากฏการณ์ผ่านการสาธิต การใช้ภาพเสมือนจริง เช่น รูปภาพ ตาราง หรือการเปรียบเทียบ และมีการใช้คำถามในการถาม-ตอบ กับนักเรียน หลังจากนั้นครูชี้แนะให้นักเรียนเกิดการจินตนาการตัวแทนความคิดในปรากฏการณ์ทางเคมีผ่านการอภิปรายร่วมกัน และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดในการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ผ่านการทำกิจกรรมต่างๆในใบกิจกรรม

1.3.3 ขั้นอภิปรายร่วมกัน (internalization) เป็นขั้นที่ครูจะชี้แนะและอภิปรายร่วมกับนักเรียน จากการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ออกมานำเสนอผลงาน ในระหว่างการนำเสนอ นั้นครูเปิดโอกาสให้เรียนได้มีการซักถามและเสนอแนะ หลังจากนั้นครูให้แบบฝึกหัดนักเรียนรายบุคคลเพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจ

1.3.4 ขั้นประเมินผล (evaluation) ครูจะประเมินผลจากใบงานของนักเรียน และจากการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับได้

1.4 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ให้ความสอดคล้องกับเนื้อหาและแนวคิดหลักในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 6 แผน ประกอบด้วย ระบบและสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 แผน กฎทรงมวล จำนวน 1 แผน กฎสัดส่วนคงที่ จำนวน 1 แผน ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี จำนวน 1 แผน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี จำนวน 1 แผน และสารกำหนดปริมาณ จำนวน 1 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 คาบ ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาคาบละ 50 นาที โดยประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ ความคิดรวบยอด สารการเรียนรู้แกนกลาง กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล รวมไปถึงสื่อ วัสดุและอุปกรณ์การเรียนรู้

ตาราง 3 แสดงกระบวนการจัดการเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
ระบบและสิ่งแวดล้อม	1	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูบอกจุดประสงค์ในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน จากนั้นกระตุ้นความสนใจด้วยการสาธิตปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ง่ายบนเครื่องขั้วสาร โดยแบ่งเป็น 2 ปฏิริยา คือ ปฏิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด และปฏิริยาระหว่างสารละลาย Zn กับ HCl ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และการเปลี่ยนแปลงมวลของสารในภาชนะปิดและเปิด ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ ครูให้นักเรียนได้กำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิริยา และให้นักเรียนวาดภาพแสดงตัวแทนความคิดของตนเองในปฏิริยาที่ครูได้สาธิต แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมเพื่อแสดงถึงตำแหน่งของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิริยาในภาชนะปิดและเปิดพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับระบบปิดและระบบเปิด ขั้นที่ 4 ประเมินผล ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหา ใ้กับโจทย์ที่ยากขึ้น

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
กฎทรงมวล	1	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูบอกจุดประสงค์ในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน จากนั้นเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ที่ได้สาธิตไปในเรื่องระบบปิดและระบบเปิด คือ ปฏิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด โดยให้นักเรียนต่อตัวต่อแสดงปฏิริยาดังกล่าว และปฏิริยาระหว่างสารละลาย Zn กับ HCl ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด โดยครูสาธิต จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกเกี่ยวกับมวลของสารก่อนทำปฏิริยาและมวลของสารหลังทำปฏิริยา ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ ครูให้นักเรียนได้กำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิริยา และให้นักเรียนวาดภาพแสดงตัวแทนความคิดของตนเองในปฏิริยาที่ครูได้สาธิต เพื่อแสดงถึงตำแหน่งของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิริยาในภาชนะปิดและเปิดพร้อมทั้งระบุมวลสารด้วย แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง กฎทรงมวล และตั้งคำถามให้นักเรียนสังเกตในประเด็นของมวลสารก่อนและหลังทำปฏิริยา จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองกับแอนิเมชัน จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎทรงมวลในใจความที่ว่า มวลของสารทั้งหมดก่อนเกิดปฏิริยาเท่ากับ

ตาราง 3(ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
กฎทรงมวล (ต่อ)		มวลของสารทั้งหมดหลังเกิดปฏิกิริยา ขั้นที่ 4 ประเมินผล ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับกฎทรงมวลในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น
กฎสัดส่วนคงที่	2	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูบอกจุดประสงค์ในการเรียนรู้แก่นักเรียน จากนั้นสาธิตปรากฏการณ์ให้นักเรียนสังเกต คือ นำน้ำปริมาณ 18 กรัมมาชั่งน้ำหนักและตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกตว่าในน้ำ 18 กรัมนี้ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง และแต่ละธาตุมีน้ำหนักเท่าไร แล้วเปลี่ยนเป็นน้ำที่มีน้ำหนักมากขึ้น และตั้งคำถามในประเด็นเดิม ให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ ครูให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิด ซึ่งครูกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนตัวแทนความคิด โดยใช้ดินน้ำมันเป็นแบบจำลองอะตอมแทนธาตุออกซิเจน และธาตุไฮโดรเจน และกำหนดน้ำหนัก จากนั้นให้นักเรียนต่อแบบจำลองการประกอบกันเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ โดยครูกำหนดว่าใช้อะตอมของธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจนอย่างละกี่อะตอม เพื่อให้ประกอบกันเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ ตามรายละเอียดในแบบบันทึกกิจกรรม แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ถึงอัตราส่วนของมวลแต่ละธาตุที่เป็นองค์ประกอบของน้ำ แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	จำนวน คาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
กฎสัดส่วน คงที่ (ต่อ)		ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเองเพื่อนในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎสัดส่วนคงที่ในใจความที่ว่า สารประกอบจะมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบคงที่เสมอ ขั้นที่ 4 ประเมินผล ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับกฎสัดส่วนคงที่ในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น
ปริมาตร ของแก๊ส ใน ปฏิกิริยา เคมี	2	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูแสดงคลิปการเทโบรมีนลงในปิกเกอร์เปรียบเทียบกับการเทน้ำลงในปิกเกอร์ ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกตถึงความแตกต่างระหว่างโบรมีนกับน้ำ และอธิบายถึงกฎเกย์-ลุสแซก และอวอกาโดร ให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
ปริมาณของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี (ต่อ)		ขั้นที่ 2 สสำรวจและจินตนาการ ครูให้นักเรียนวาดภาพแสดงตัวแทนความคิดของตนเองเพื่อแสดงโมเลกุลของโบรมีนและน้ำในปิกเกอร์ (คำนึงถึงระยะห่างระหว่างโมเลกุล) และจากกฎเกย์-ลุสแซก และอวอกาโดร ให้แสดงจำนวนโมเลกุลของแก๊สแต่ละชนิด ในปริมาตรที่เท่ากัน ในปริมาตรที่แตกต่างกัน และในภาชนะที่แตกต่างกัน แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง กฎอวอกาโดร โดยเป็นเว็บไซต์ที่แสดงจำนวนโมเลกุลของแก๊สและสามารถเปลี่ยนชนิดของแก๊สได้ ให้นักเรียนได้ศึกษาร่วมกัน และตั้งคำถามให้นักเรียนสังเกตในประเด็นของจำนวนโมเลกุลของแก๊ส จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเอง เพื่อนในกลุ่มและในแอนิเมชันที่ครูได้นำเสนอ แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุดออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎอวอกาโดรในใจความที่ว่า ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน ขั้นที่ 4 ประเมินผล ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณของแก๊สในปฏิกิริยาเคมีในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
ความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมี	2	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูแสดงภาพ ได้แก่ แว่นตา สเก็ตบอร์ด และรูปร่างที่เกิดจากการต่อตัวต่อ แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนบอกส่วนประกอบและจำนวนเพื่อให้ได้สิ่งของดังกล่าว แล้วเชื่อมโยงสู่สมการเคมี ขั้นที่ 2 สืบรวจและจินตนาการ ให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิด โดยครูกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนตัวแทนความคิด คือกำหนดสมการการเกิดสเก็ตบอร์ดที่ประกอบด้วยแผ่นสเก็ตและล้อจำนวน 4 ล้อ และสมการการการต่อตัวต่อ แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนได้เขียนแสดงตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยง รวมถึงการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณต่างๆในสมการเคมี ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง สมการเคมี โดยเป็นเว็บไซต์ที่แสดงการทำแซนวิช ให้นักเรียนได้ศึกษาร่วมกันและตั้งคำถามให้นักเรียนสังเกตในประเด็นของจำนวนส่วนประกอบที่จะทำให้เกิดแซนวิชแต่ละชิ้น จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองกับแอนิเมชัน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเอง เพื่อนในกลุ่มและในแอนิเมชันที่ครูได้นำเสนอ ให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมี ที่ประกอบด้วยโมล มวล จำนวนโมเลกุล และปริมาตรที่ STP

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
สารกำหนดปริมาณ	2	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูสาธิตปฏิกิริยาระหว่างผงฟู (NaHCO_3) กับน้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ในอัตราส่วนต่างๆ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงหลังเกิดปฏิกิริยาว่าผลิตภัณฑ์เป็นอย่างไร และมีสารตั้งต้นใดเหลือหรือไม่ ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ ให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิด โดยครูกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนตัวแทนความคิด คือกำหนดสมการการเกิดไฮโดรเจน โดยให้จำนวนเงินแทนน้ำหนักของสาร และการชงโกโก้ แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนได้เขียนแสดงตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงสารที่เป็นตัวกำหนดปริมาณ ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง สารกำหนดปริมาณ โดยเป็นเว็บไซต์ที่แสดงการเกิดแซนวิช ให้นักเรียนได้ศึกษาร่วมกัน และตั้งคำถามให้นักเรียนสังเกตในประเด็นของจำนวนส่วนประกอบที่จะทำให้เกิดแซนวิชแต่ละชิ้น ในการสาธิตนี้จะมีส่วนประกอบทั้งหมด และส่วนประกอบที่เหลือ จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองกับแอนิเมชัน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเอง เพื่อนในกลุ่มและในแอนิเมชันที่ครูได้นำเสนอ แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทน

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
สารกำหนดปริมาณ (ต่อ)		ออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณ แล้วเชื่อมโยงไปสู่สารกำหนดปริมาณในสมการเคมีต่างๆ ขั้นที่ 4 ประเมินผล ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น

2. วิธีการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

2.1 ประเมินความสอดคล้องด้านจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา ด้านการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ และคำถามท้ายการจัดการเรียนรู้ ของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ และนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

มีความเห็นว่า	สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	+1
มีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	0
มีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	-1

2.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาคุณภาพ ดังนี้

2.2.1 ทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการสุ่มอย่างง่ายมา 1 ห้องเรียน แล้วสุ่มจากนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มสูง จำนวน 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มปานกลาง จำนวน 1 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำ จำนวน 1 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรม เนื้อหา และภาษาที่ใช้ โดยมีการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.2.2 ทดลองกับนักเรียนจำนวน 9 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการสุ่มจากนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มสูง จำนวน 3 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มปานกลาง จำนวน 3 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำ จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมของระยะเวลาของกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริง ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และแนวโน้มของคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียน โดยมีการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

2.2.3 ทดลองกับนักเรียนจำนวน 15 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการสุ่มจากนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มสูง จำนวน 5 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มปานกลาง จำนวน 5 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำ จำนวน 5 คน แล้วนำมาหาแนวโน้มของประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75 โดยใช้แบบฝึกหัดท้ายใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ เป็นเครื่องมือวัด โดยค่า E_1 และ E_2 ที่ใช้ในงานวิจัยมีความหมายดังนี้

E_1 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำใบกิจกรรมท้ายการเรียนรู้ในแต่ละเรื่อง ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 75%

E_2 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 75%

แล้วนำมาพิจารณาข้อมูลของ E_1 และ E_2 ถ้าถึงเกณฑ์ 75/75 ก็ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ แต่ถ้าไม่ถึงเกณฑ์ 75/75 ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่สมบูรณ์ ต้องปรับปรุงแก้ไขต่อไป

2.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

1. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบ่งเป็น 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบวัดมโนคติแบบวินัย 2 ระดับ จำนวน 15 ข้อ รวม 35 ข้อ วัดพฤติกรรมด้านต่างๆออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจมโนคติ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ และด้านการสังเคราะห์ ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการประเมินผล รวมถึงวิธีการสร้างแบบทดสอบและการเขียนข้อสอบในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2 ศึกษาตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร จากหลักสูตรคู่มือครูและเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง และเนื้อหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อทดสอบวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ โดยแบ่งพฤติกรรมด้านต่างๆออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ และด้านการสังเคราะห์

1.3 สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ แต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว และมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ คือ ถ้าเลือกคำตอบที่ถูกต้องให้ 1 คะแนน ถ้าเลือกคำตอบที่ผิดให้ 0 คะแนน โดยสร้างข้อสอบให้ครอบคลุมกับสาระการเรียนรู้สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร และให้ตรงกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ตามตารางวิเคราะห์ข้อทดสอบในข้อ 1.3

1.5 สร้างตารางวิเคราะห์พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถที่ต้องการจะวัดความเข้าใจในมิติในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามระดับความเข้าใจในมิติของ Haidar (1997)

1.6 สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจในมิติวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่เป็นข้อสอบวินิจฉัย 2 ระดับ จำนวน 30 ข้อ โดยผู้วิจัยได้ใช้ระดับความเข้าใจในมิติของ Haidar (1997) ที่มีการวัด 5 ระดับ ดังนี้

1.6.1 ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องครบสมบูรณ์ทั้งหมดสอดคล้องกับสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

1.6.2 ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ไม่ครบสมบูรณ์ตามสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

1.6.3 ความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมโนคติสลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU&MU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้องและมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

1.6.4 มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : MU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

1.6.5 ความไม่เข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding : NU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูก ไม่มีการอธิบายเหตุผล หรืออธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับสาระสำคัญในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หรือเขียนว่าไม่เข้าใจ

โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีค (rubric) ซึ่งกำหนดมาตรฐานการวัด (scale) ดังนี้

4 คะแนน หมายถึง ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์

3 คะแนน หมายถึง ความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์

2 คะแนน หมายถึง ความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมโนคติสลาดเคลื่อนบางส่วน

1 คะแนน หมายถึง มโนคติที่คลาดเคลื่อน

0 คะแนน หมายถึง ความไม่เข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์

2. วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

2.1 ประเมินความสอดคล้องของเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ใช้วัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน มีลักษณะมาตรฐานค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อนำมาปรับปรุงและนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์แปลงเป็นคะแนน ดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

2.2 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แล้วนำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์มาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

2.3 นำกระดาษคำตอบของแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ถูกต้องให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดได้ 0 คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ไว้จำนวน 20 ข้อ

2.4 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้แล้วในข้อ 2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 197-198)

2.5 นำกระดาษคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัย 2 ระดับ ที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน แล้ววิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้วิธีของ วิทนีและซาเบอร์ (Whitney; & Sabers) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 จำนวน 15 ข้อ

2.6 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้แล้วในข้อ 2.5 ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 2 ห้องเรียน แล้วสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีจับฉลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
2. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
3. ดำเนินการสอนโดยใช้ระยะเวลาในการสอนจำนวน 10 คาบๆ ละ 50 นาที
4. เมื่อสิ้นสุดตามกำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
5. นำผลคะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. การจัดการข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้แผนการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบ t-test for dependent samples
2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้แผนการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ใช้คะแนนการทดสอบหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบ t-test for independent samples
3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

3.1 สถิติพื้นฐาน

3.1.1 หาค่าเฉลี่ยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

3.1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน คำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543)

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

เมื่อ $S.D$	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

3.2 สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.2.1 หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ และแบบทดสอบวัดความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง คำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543)

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

เมื่อ IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
n	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้เทคนิค 27% โดยวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ คำนวณจากสูตร (พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2545)

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

$$r = P_H - P_L$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	P _H	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	P _L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

3.2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ	r _{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของคนที่ทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนที่ทำผิดในแต่ละข้อ = 1-p
	s _t ²	แทน	ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

3.2.4 หาค่าความยากง่าย (P_E) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจในมิติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2539: 199-200)

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ	P _E	แทน	ดัชนีความง่าย
	S _U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S _L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

3.2.5 หาค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดเข้าใจมนิทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ เพื่อวิเคราะห์รายข้อ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2539: 201)

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

3.2.6 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมนิทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยคำนวณจากการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ใช้สูตรของ ครอนบาค (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2541: 229)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนข้อหนึ่งๆ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

3.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.3.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานของสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานของความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 165-167)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} ; \quad df = n-1$$

เมื่อ D แทนค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
n แทนจำนวนคู่

3.3.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานของความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากสูตร t-test for independent samples ในรูป difference score (Scott. 1967: 264)

$$t = \frac{MD_1 - MD_2}{S_{MD_1 - MD_2}} ; \quad df = n_1 + n_2 - 2$$

$$\text{ซึ่ง} \quad S_{MD_1 - MD_2} = \sqrt{\frac{S_D^2}{n_1} + \frac{S_D^2}{n_2}}$$

$$\text{และ} \quad S_D^2 = \frac{\sum (D_1 - MD_1)^2 + \sum (D_2 - MD_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t-distribution
	n_1	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง
	n_2	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม
	MD_1	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังเรียนกับก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง
	MD_2	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังเรียนกับก่อนเรียนของกลุ่มควบคุม

D_1	แทน	ผลต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังการเรียนกับ ก่อนการเรียนของกลุ่มทดลอง
D_2	แทน	ผลต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังการเรียนกับ ก่อนการเรียนของกลุ่มควบคุม
S_D^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคะแนนการ ทดสอบหลังการเรียนและก่อนการเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
$S_{MD1-MD2}$	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่างระหว่าง คะแนนการทดสอบหลังการเรียนและก่อนการเรียนของ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ตามสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจในเนื้อหา เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 2 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานข้อที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ $E1/E2$ ไม่น้อยกว่า 75/75

ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปใช้ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืงรายมหาราชวิทยาคม โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ เพื่อหาประสิทธิภาพของชุด

กิจกรรม โดยจากการศึกษาและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดท้ายใบกิจกรรมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็่งรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุธ จำนวน 15 คน

การทดสอบ	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องที่				
	1	2	3	4	5
ระหว่างเรียน	91.56	97.83	96.44	82.17	92.78
หลังเรียน	93.73	88.00	91.25	75.83	91.67

จากตาราง 4 พบว่าในระหว่างเรียนนักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบบันทึกกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่องปริมาณสัมพันธ์ โดยนักเรียนมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยในแต่ละแบบบันทึกกิจกรรมดังแสดงในตาราง จึงสามารถวิเคราะห์ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนและหลังเรียนของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แยกรายแผนการจัดการเรียนรู้ได้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนสูงกว่าร้อยละ 75 ในส่วนของร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนนั้นพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง เรื่อง กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 75 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่จะนำมาพิจารณาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน

ตาราง 5 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จำนวน นักเรียน	ใบกิจกรรม			แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน			ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) E_1/E_2
	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$ (E_1)	S.D	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$ (E_2)	S.D	
15	230	211.53	2.55	80	68.67	3.77	91.97/85.83

จากตาราง 5 ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์แล้วพบว่ามีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.97/85.83

โดยสามารถสรุปได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75/75 ที่กำหนดไว้ในสมมติฐานข้อที่ 1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มากกว่า 75/75 แล้วจึงได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็กรายมหาราชวิทยาคม โดยจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อศึกษาประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ และจากการศึกษานั้นได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลข้อมูลตามสมมติฐานดังต่อไปนี้

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ไปทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็งรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัย ก่อนเรียนและหลังเรียน มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้สถิติแบบ t-test dependent samples ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

การทดสอบ	n	Total score	$\bar{X}$	S.D	t	df	Sig
หลังเรียน	30	80	73.53	3.91	63.10*	29	.000
ก่อนเรียน	30	80	12.17	3.51			

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 6 พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.17 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.51 หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แล้วพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 73.53 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.91 สถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 63.10 ค่าองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 29 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการ

จัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติมาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for independent samples ในรูป difference score (Scott. 1967: 264)

ตาราง 7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	Total score	ก่อนเรียน $\bar{X}_1$	S.D	หลังเรียน $\bar{X}_2$	S.D	t	Sig
กลุ่มทดลอง	30	80	12.17	3.51	73.53	3.91	8.49*	.000
กลุ่มควบคุม	30	80	14.87	4.45	55.00	12.44		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 7 พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.17 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.51 หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 73.53 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.91

สำหรับนักเรียนที่ได้รับการจัดการสอนแบบปกติพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.87 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.45 ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 55.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.44 เมื่อวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 8.53 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจในมโนคติ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติมาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for independent samples ในรูป difference score (Scott. 1967: 264)

ตาราง 8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	Total score	ก่อนเรียน $\bar{X}_1$	S.D	หลังเรียน $\bar{X}_2$	S.D	t	Sig
กลุ่มทดลอง	30	60	5.47	2.42	55.03	4.60	6.09	.000
กลุ่มควบคุม	30	60	6.33	4.02	41.77	10.20		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 พบว่าคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.47 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.42 หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่ามโนคติทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 55.03 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.60

สำหรับนักเรียนที่ได้รับการจัดการสอนแบบปกติพบว่าคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.33 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.02 ส่วนคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 41.77 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.20 เมื่อวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 6.09 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่าคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)



บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและศึกษาประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับการสอนแบบปกติ

สมมติฐานในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจในเนื้อหา เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนเม็งรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒิ รวมจำนวน 60 คน ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกมาจากห้องเรียนที่มีแผนการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน แล้วสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีจับฉลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดังนี้

กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จำนวน 30 คน

กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 30 คน

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการดำเนินการค้นคว้าเป็น 2 ขั้นตอน โดยมีวิธีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จากหนังสือและเอกสารต่างๆ โดยจากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น คือ ขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นสำรวจและจินตนาการ ขั้นอภิปรายร่วมกัน และขั้นประเมินผล

2. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินค่าความสอดคล้องพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ข ตาราง 14-19)

3. นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาคุณภาพตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75 ที่ได้กำหนดไว้ โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็งรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒิ โดยทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรม เนื้อหา และภาษาที่ใช้ จากนั้นทดลองกับนักเรียนจำนวน 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมของระยะเวลาของ

กิจกรรมที่ใช้ แล้วจึงทดลองกับนักเรียนจำนวน 15 คน เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75 (รายละเอียดในภาคผนวก ข ตาราง 24-29)

ตอนที่ 2 ศึกษาประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 มากกว่า 75/75 ไปใช้ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็กรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุธ จำนวน 30 คน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วนคือแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ แต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว และแบบทดสอบวัดความเข้าใจในโมเมนต์ เป็นข้อสอบวินิจฉัย 2 ระดับ จำนวน 30 ข้อ
2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ไปประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ใช้วัด ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ข ตาราง 20)
3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในโมเมนต์ เป็นข้อสอบวินิจฉัย 2 ระดับ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ไปประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ใช้วัด ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ข ตาราง 21)
4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเม็กรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุธ จำนวน 30 คน จากนั้นนำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนนเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.60 ไว้จำนวน 20 ข้อ
5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้

สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 197-198) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) เท่ากับ 0.71

6. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในโมติ เป็นข้อสอบวินิจัย 2 ระดับ คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเม็งรายมหาราช จำนวน 30 คน จากนั้นนำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนนเพื่อหาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.20-0.37 ไว้จำนวน 15 ข้อ

7. นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในโมติ วินิจัย 2 ระดับ ที่คัดเลือกไว้แล้วในจำนวน 15 ข้อ ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น (α) เท่ากับ 0.74

8. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก และ แบบทดสอบวัดความเข้าใจในโมติ วินิจัย 2 ระดับ ไปใช้กับกลุ่มทดลองซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน

9. นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่มีประสิทธิภาพไปใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

9.1 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบ t-test dependent samples

9.2 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ใช้คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples

9.3 ศึกษาความเข้าใจในโมติทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ใช้คะแนน

ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 91.97/85.83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75/75 ที่กำหนดไว้ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 เรื่อง คือ กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณนั้น มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนและหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 75 แสดงให้เห็นว่าในหากพิจารณาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้แต่ละเรื่องมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความเข้าใจในโมเดล เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. การอภิปรายผลด้านการพัฒนาและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ทั้ง 5 เรื่อง มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 โดยอาจเนื่องมาจากเหตุผลหลายประการ ดังนี้

1.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นี้ดำเนินการสร้างอย่างมีขั้นตอน เริ่มจากการศึกษาเนื้อหา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสัมพันธ์ โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของเนื้อหากับรูปแบบของกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ มีการคำนึงถึงระยะเวลา รวมถึงภาษาที่ใช้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้กำหนดจุดประสงค์ ออกแบบการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และวางแผนขั้นตอนการสอนที่จะใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และได้ดำเนินการออกแบบแนวทางในการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของ (Mammino, 2008) โดยมีการมีการนำรูปภาพมาแสดงเพื่ออธิบายในเนื้อหาต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถจินตนาการในสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ไม่จัดการเรียนการสอนโดยการบรรยายบนกระดานเพียงอย่างเดียว มีการตั้งคำถามหรือกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงคำตอบด้วยตนเอง และมีการประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนว่ามีการใช้ตัวแทนความคิดอย่างถูกต้องหรือไม่ อีกทั้งมีการสร้างขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดของ Sunyono ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ได้ ซึ่งการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนดังกล่าวทำให้แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้ประสิทธิผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้ผ่านการประเมินคุณภาพ (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ และนำข้อบกพร่องมาแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นได้มีการนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน นักเรียนกลุ่มกลาง จำนวน 9 คน และนักเรียนกลุ่มใหญ่ จำนวน 15 คน เพื่อหาแนวโน้มของประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง

ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรจิรา บุญเลิศ (บุญเลิศ & ภูโน) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งนำไปทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องมือจากนักเรียนกลุ่ม 3 คน กลุ่ม 9 คน และกลุ่ม 15 คน โดยพบว่าให้ประสิทธิภาพเท่ากับ 83.17/81.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

1.3 เปรียบเทียบการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับการเรียนรู้แบบปกติ การเรียนรู้ทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันหรือไม่ แบบใดที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในมโนคติและส่งเสริมการเรียนรู้ได้ดีกว่ากัน ผู้วิจัยจึงได้มีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interview) กับนักเรียนกลุ่มทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ ที่ได้รับทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยเลือกใช้คำถามว่า “นักเรียนคิดว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติในห้องเรียนแล้ว มีความแตกต่างกันหรือไม่ และแบบใดช่วยในการเรียนรู้ ส่งเสริมความเข้าใจได้ดีกว่ากัน” นักเรียนส่วนมากคิดว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดช่วยส่งเสริมความเข้าใจในมโนคติได้ดีกว่า เนื่องจากเป็นการเรียนรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม จึงสามารถจินตนาการเชื่อมโยงในสิ่งที่ป็นนามธรรม จากระดับมหภาค ไปสู่ระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ได้ดียิ่งขึ้น โดยมีตัวอย่างคำตอบจากการสัมภาษณ์ของนักเรียนแต่ละคน ดังนี้

ผู้วิจัย: นักเรียนคิดว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่

หลากหลาย เปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติในห้องเรียนแล้ว มีความแตกต่างกันหรือไม่ และแบบใดช่วยในการเรียนรู้ ส่งเสริมความเข้าใจได้ดีกว่ากัน

นักเรียน 1: “ผมคิดว่ามีความเข้าใจมากขึ้นครับ เพราะได้ใช้ความคิดของตนเองเป็นตัวแทนในเรื่องนั้นๆ ความคิดแบบเดิมที่มีแต่ตัวเลขจะไม่ค่อยเข้าใจ แต่ถ้ากำหนดตัวแทนความคิดของเราเองใช้อธิบายก็จะสามารถเข้าใจมากขึ้น การเรียนที่ทำให้เห็นภาพช่วยเข้าใจเนื้อหามากขึ้น กิจกรรมสนุกครับ”

นักเรียน 2: “คุณครูมีการยกตัวอย่างแบบง่ายๆ เป็นเรื่องใกล้ตัวค่ะ เช่นการใช้เลโก้ในการเรียนจะช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น กิจกรรมทำให้การเรียนไม่เครียดค่ะ”

นักเรียน 6: “ถ้าจำเป็นแบบรูปภาพได้ จะไม่ต้องจำเนื้อหาที่เยอะๆค่ะ การใช้ตัวแทนความคิดทำให้เข้าใจง่ายขึ้น ปกติคำจะยาวๆ พอเป็นรูปภาพจะเข้าใจง่ายขึ้น ไม่เสียเวลาอ่าน กิจกรรมกลุ่มจะช่วยทบทวนบทเรียน ช่วยกันอธิบายภายในกลุ่ม”

นอกจากนี้ได้มีการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย นักเรียนได้ให้ความเห็นว่าบางกิจกรรมก็ช่วยให้เข้าใจมากขึ้น แต่บางกิจกรรมเมื่อนำมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาปริมาณสัมพันธ์แล้วยังมีความสับสนอยู่ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ดังนี้

ผู้วิจัย: นักเรียนคิดว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติในห้องเรียนแล้ว มีความแตกต่างกันหรือไม่ และแบบใดช่วยในการเรียนรู้ ส่งเสริมความเข้าใจได้ดีกว่ากัน

นักเรียน 4: “การเรียนโดยใช้เลโก้ทำให้ดูง่ายมากกว่าการอธิบายโจทย์โดยใช้ตัวเลขบางเรื่องหนุกถึง แต่บางเรื่องก็ทำให้เข้าใจมากขึ้นค่ะ ข้อดีจะทำให้เห็นภาพชัดว่าสารใดยังเหลืออยู่ในปฏิกิริยา เข้าใจระบบเปิดและระบบปิดที่แท้จริงเป็นอย่างไร จากเดิมที่หนูเข้าใจว่าระบบเปิดคือเปิดภาชนะ ระบบปิดคือปิดภาชนะ”

การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งประกอบไปด้วยการนำตัวแทนความคิดที่เป็นรูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบกับสิ่งของต่างๆในชีวิตประจำวัน และการสาธิตการทดลองนั้น ทำให้นักเรียนสามารถจินตนาการ เข้าใจปรากฏการณ์ หรือทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ เกิดความเข้าใจในเนื้อหาเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Prain (Prain, Tytler, & Peterson, 2009) โดยศึกษาผลของการเรียนรู้ซึ่งใช้ตัวแทนความคิด เช่น แผนภาพ การรายงานด้วยคำพูด การแสดงท่าทาง และการวาดอธิบายด้วยภาพ ในเรื่อง การระเหย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา โดยการสัมภาษณ์ผลการศึกษา พบว่าหลังการเรียนรู้ นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อมติดังกล่าวได้ และครูสามารถเข้าใจความคิดของนักเรียนได้

1.4 การอภิปรายค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.97/85.83 ซึ่งมากกว่า 75/75 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถทำคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียนได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน หากพิจารณาค่า E_1/E_2 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องที่ 1 กฎทรงมวล ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพ E_2 สูง นั้นสามารถอภิปรายได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องที่ 1 กฎทรง

มวล มีข้อคำถามจัดอยู่ในระดับขั้นความสามารถขั้นแรกของบลูม คือ ขั้นความรู้ความจำ ดังนั้นนักเรียนจึงสามารถตอบข้อคำถามในเรื่องนี้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนมาก ในส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี จะเห็นว่ามีค่า E_2 ที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับแผนการจัดการเรียนรู้อื่นๆ เนื่องมาจากข้อสอบในเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี มีค่าความยากง่าย (P_e) เท่ากับ 0.22 และ 0.21 (รายละเอียดในภาคผนวก ข ตาราง 23 ข้อที่ 13 และ 14 ตามลำดับ) ซึ่งหมายถึงข้อสอบมีความยาก จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าน้อย

จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75

2. การอภิปรายผลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ในข้อที่ 2 อาจเป็นเหตุผลอันเนื่องมาจาก

ตาราง 9 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	Total score	$\bar{X}$	S.D	t	df	Sig
กลุ่มทดลอง	30	80	12.17	3.51	-2.61*	29	.006
กลุ่มควบคุม	30	80	14.87	4.45			

* ระดับนัยสำคัญ .05

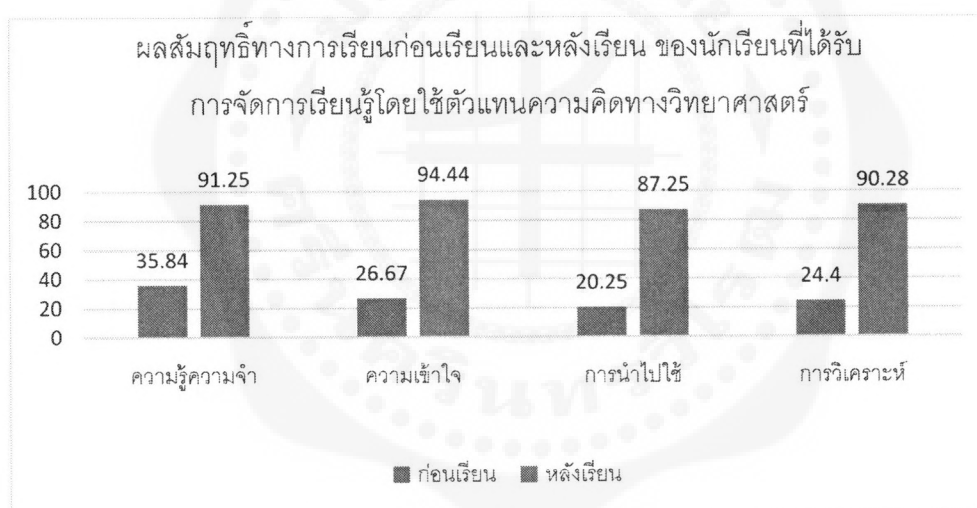
2.1 หากพิจารณาพื้นฐานความรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากตารางผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ นั้น จะเห็นว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติในกลุ่มควบคุม มีคะแนนการทดสอบก่อนเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในกลุ่มทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมมีพื้นฐานความรู้ในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ดีกว่านักเรียนในกลุ่มทดลอง โดยหลังจากนักเรียนในกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น รูปภาพ สิ่งของ ตัวต่อ การปั้นดินน้ำมันเป็นแบบจำลองอะตอม ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีความเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถจับต้องได้ และสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน หรือแม้แต่การสาธิตการทดลองทางเคมีที่สามารถสังเกตได้ง่าย สิ่งเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดความเชื่อมโยงในระดับมหภาค ไปสู่ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gilbert (Gilbert & Treagust, 2009) ที่กล่าวว่า ตัวแทนความคิดประเภทแบบจำลอง เป็นตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายสิ่งที่อยู่ในระดับจุลภาค หรือสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายตัวแทนความคิดประเภทปรากฏการณ์ ดังนั้นการแสดงตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมจะช่วยอธิบายปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ จึงก่อให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้นๆมากยิ่งขึ้น

ตาราง 10 จำแนกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ตามระดับขั้นความสามารถของบลูม (Bloom's Taxonomy)

ลักษณะ พฤติกรรม	ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์
ข้อที่ (ตอนที่ 1)	1	3, 9, 12	4, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 17, 19	2, 10, 16, 18, 20
ข้อที่ (ตอนที่ 2)	9	1, 7, 8	3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15	2, 6

ตาราง 11 จำแนกร้อยละของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนถูก ในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบลูม

ระดับชั้นความสามารถ ของบลูม	ร้อยละของคะแนนที่ได้	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ความรู้ ความจำ	35.84	91.25
ความเข้าใจ	26.67	94.44
การนำไปใช้	20.25	87.25
การวิเคราะห์	24.40	90.28



ภาพประกอบ 2 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบลูม ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

นอกจากนี้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ได้มีการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการอธิบาย โดยตัวแทนความคิดที่หลากหลายมาประกอบกันจะช่วยเติมเต็มข้อมูลนั้นๆ ได้ดียิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนได้บูรณาการข้อมูลหลายๆ ข้อมูลเข้าด้วยกัน จะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ดังที่ Prain และ Tyler (Prain et al., 2009) ได้กล่าวไว้ว่าตัวแทนความคิดจึงมีส่วนช่วยให้

นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนมองเห็นความคิดที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น ผ่านตัวแทนความคิด จนกระตุ้นให้เกิดความสนใจและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

2.2 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนทำใบกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยนักเรียนทุกคน จะต้องปรึกษากันภายในกลุ่มในการกำหนดตัวแทนความคิด การนำเสนอตัวแทนความคิด และ รวมถึงการตรวจสอบตัวแทนความคิดของตนเองว่าถูกต้องหรือไม่ โดยนักเรียนแต่ละคนจะต้อง สามารถอธิบายตัวแทนความคิดของตนเองได้หลังจากการปรึกษา และแลกเปลี่ยนความรู้ภายใน กลุ่ม ทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ainsworth (Ainsworth, 2006) ซึ่งกล่าวว่าตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถช่วยให้ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง (construct deeper understanding) โดยจากการศึกษาพบว่าตัวแทนความคิดที่ได้จากการทำงานร่วมกันเป็น กลุ่มจะเป็นนามธรรมมากกว่าการสร้างรายบุคคล โดยตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมอาจปรากฏ เมื่อมีความต้องการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดหนึ่งระหว่างบุคคล นอกจากนี้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์สามารถช่วยให้ความเข้าใจในมิติที่ถูกต้องได้ เกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน น้อยลง ดังการศึกษาของ Adadan (Adadan, Irving, & Trundle, 2009) ซึ่งได้ศึกษาผลของการ เรียนการสอนด้วยตัวแทนความคิดที่มีต่อความเข้าใจมโนคติเรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสาร ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยตัวแทนของการทดลองนี้คือ ตัวแทนความคิดด้าน ภาษา (Verbal Representations) ซึ่งประกอบด้วย การบรรยายเชิงภาษาของนักเรียนผ่านการ เขียน และการพูด และตัวแทนความคิดด้านอวัจนภาษา (Non-Verbal Representations) ซึ่ง ประกอบไปด้วยภาพวาดของนักเรียน ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว หรือสถานการณ์จำลอง ผลการ ทดลองพบว่าการสอนดังกล่าวสามารถยกระดับมโนคติเรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสสารได้

จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

3. การอภิปรายผลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผลจากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 โดยผู้วิจัยได้จำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ตามระดับขั้นความสามารถของบลูม (Bloom's Taxonomy) ซึ่งมีข้อคำถามในแบบทดสอบเช่นเดียวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนในตาราง 9 หากแต่มีการสลับข้อคำถามเป็นแบบทดสอบหลังเรียน ดังตาราง

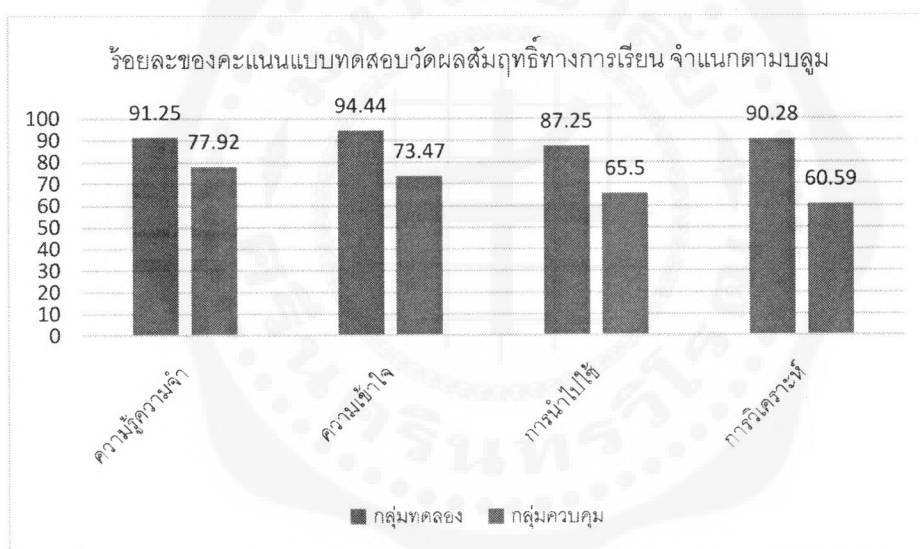
ตาราง 12 จำแนกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ตามระดับขั้นความสามารถของบลูม (Bloom's Taxonomy)

ลักษณะพฤติกรรม	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์
ข้อที่ (ตอนที่ 1)	2	4, 5, 14	1, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 20	7, 8, 12, 17, 19
ข้อที่ (ตอนที่ 2)	12	2, 3, 8	1, 4, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15	5, 6

หากจำแนกเป็นร้อยละของนักเรียนที่สามารถตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ถูกในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูมนั้น จำแนกได้ดังตาราง

ตาราง 13 จำแนกร้อยละของนักเรียนที่ตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ถูก ในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบloom

ระดับชั้นความสามารถ ของบloom	ร้อยละของคะแนนที่ได้	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
ความรู้ ความจำ	91.25	77.92
ความเข้าใจ	94.44	73.47
การนำไปใช้	87.25	65.5
การวิเคราะห์	90.28	60.59



ภาพประกอบ 3 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบloom ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หากพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่สามารถทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบloom นั้น จะเห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนใน

แต่ระดับขั้นความสามารถของกลุ่มสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายนั้นผู้สอนมีการจัดชั้นการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน โดยขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ผู้สอนจะกระตุ้นความสนใจด้วยปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น การสาธิตการทดลองเรื่องกฎทรงมวล ให้นักเรียนได้เห็นความแตกต่างของมวลสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาอย่างชัดเจน และเป็นรูปธรรม ให้นักเรียนสามารถจดจำในเรื่องของกฎทรงมวลได้ และเข้าใจถึงที่มาของปรากฏการณ์ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลที่นักเรียนในกลุ่มทดลองมีร้อยละของคะแนนในส่วนความรู้ความจำ และความเข้าใจ สูงถึงร้อยละ 91.25 และ 94.44 ตามลำดับ หลังจากนั้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและจินตนาการ ผู้สอนได้ให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมภายในกลุ่ม มีการใช้ตัวแทนความคิดที่นักเรียนได้กำหนดเองเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถแสดงออกมาในรูปแบบของตัวแทนความคิดที่นักเรียนได้สร้างขึ้นแล้ว ผู้สอนได้กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนนำตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้นจากความเข้าใจไปใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เป็นโจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ส่งผลให้ร้อยละของคะแนนในด้านการนำไปใช้สูงถึง 87.25% โดยนักเรียนส่วนมากสามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายร่วมกัน ผู้สอนได้ให้นักเรียนมีการอธิบายภายในกลุ่มถึงตัวแทนความคิดที่ตนได้สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวแทนความคิดของตน และมีการส่งตัวแทนมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนสามารถสะท้อนความเข้าใจของตนเองได้มากขึ้นว่ามีความเข้าใจในโมเดลที่ถูกต้อง สมบูรณ์หรือไม่ อีกทั้งการร่วมกันอธิบาย การรับฟังแนวคิดที่หลากหลายจากผู้อื่นจะช่วยให้เกิดการร่วมกันวิเคราะห์ แยกแยะเรื่องราวต่างๆ และมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆอย่างเป็นรูปธรรมได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Ainsworth โดยตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมอาจปรากฏเมื่อมีความต้องการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดหนึ่งระหว่างบุคคล จึงช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง Prain (Tytler, Prain, Hubber, & Waldrup, 2013) เพื่อนำไปสังเคราะห์สร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสิ่งใหม่ได้ ดังจะเห็นได้จากในขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสัมพันธ์ได้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบในขั้นวิเคราะห์ได้ถึงร้อยละ 90.28

เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่านักเรียนในกลุ่มนี้สามารถทำแบบทดสอบได้ในระดับขั้นแรกๆคือ ความรู้ความจำ และความเข้าใจ ได้เป็นส่วนมากคือร้อยละ 77.92 และ 73.47 ตามลำดับ ในส่วนของขั้นการนำไปใช้ และการวิเคราะห์ นั้น มีร้อยละ

ละของนักเรียนที่สามารถทำแบบทดสอบได้น้อยลดหลั่นลงมา เนื่องจากนักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถนำความรู้ หรือประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจจึงสามารถนำไปใช้ได้

จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. การอภิปรายผลด้านความเข้าใจในมิติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ในการวัดความเข้าใจในมโนคติของนักเรียนในกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบวินิจฉัย 2 ระดับ ครอบคลุม 5 มโนคติ ได้แก่

- มโนคติที่ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดขึ้นในระบบปิด มวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลรวมของสารหลังทำปฏิกิริยาตาม กฎทรงมวล

- มโนคติที่ 2 สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สารประกอบชนิดเดียวกันมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบคงที่ตาม กฎสัดส่วนคงที่

- มโนคติที่ 3 ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สใดๆที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน สามารถคำนวณหาสูตรโมเลกุลของแก๊สเมื่อทราบปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีได้

- มโนคติที่ 4 สมการเคมีที่ดุลแล้ว ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของสารต่างๆ ว่าเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาดังนี้ 1) ทำให้ทราบว่าสารใดเป็นสารตั้งต้น และสารใดเป็นผลิตภัณฑ์ 2) ปริมาณของสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาพอดีกัน และปริมาณของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นว่ามีเท่าใด ปริมาณในที่นี้หมายถึงจำนวนโมล มวลของสารเป็นกรัม ปริมาตรของแก๊สที่เป็น dm^3 ที่ STP รวมทั้งจำนวนโมเลกุลและจำนวนอะตอมด้วย

- มโนคติที่ 5 เมื่อใช้สารทำปฏิกิริยาในปริมาณที่ไม่พอดีกัน จะมีสารหนึ่งเข้าทำปฏิกิริยาหมดไป สารนี้จึงเป็นตัวกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ

โดยแบ่งระดับความเข้าใจมโนคติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ ความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) ความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) ความเข้าใจมโนคติบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU&MU) มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : MU) และความไม่เข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding : NU) ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนคติหลัง เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติแล้ว พบว่าได้ข้อมูลดังตาราง

ตาราง 14 ร้อยละของนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนคติหลังเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

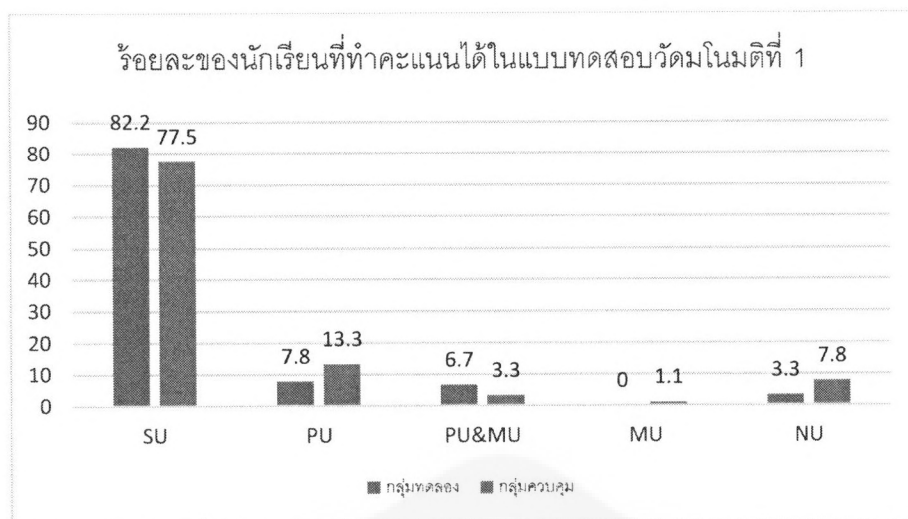
มโน คติที่	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)									
	SU		PU		PU&MU		MU		NU	
	ทดลอง	ควบ	ทดลอง	ควบ	ทดลอง	ควบ	ทดลอง	ควบ	ทดลอง	ควบ
	คุม		คุม		คุม		คุม		คุม	
1	82.2	77.5	7.8	13.3	6.7	3.3	0	1.1	3.3	7.8
2	52.2	47.8	41.1	12.2	2.2	7.8	3.4	25.5	1.1	6.7
3	92.2	50.0	2.2	13.3	0	6.7	3.4	15.6	2.2	14.4
4	86.7	54.5	3.4	2.2	1.1	2.2	1.1	22.2	7.8	18.9
5	96.7	54.5	1.1	5.6	0	4.4	0	21.1	2.2	14.4

หมายเหตุ: SU หมายถึง ความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์, PU หมายถึง ความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์, PU&MU หมายถึง ความเข้าใจมโนคติบางส่วน

และมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน, MU หมายถึง มโนคติที่คลาดเคลื่อน และ NU หมายถึง ความไม่เข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวัดความเข้าใจมโนคติหลังเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้องและสมบูรณ์ (SU) ในทุกมโนคติ สูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ แต่สำหรับมโนคติที่ 2 เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่นั้น พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายยังมีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) อยู่บ้าง (41.1%) สำหรับมโนคติที่ 4 เรื่อง ความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมีนั้น พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) อยู่ 3.4% และการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) นั้นพบว่ามโนคติที่ 1 เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีจำนวนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย 6.7% ในส่วนของความเข้าใจมโนคติบางส่วนและมีมโนคติ มโนคติที่คลาดเคลื่อน (MU) และความไม่เข้าใจมโนคติ (NU) นั้นจะเห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีระดับความเข้าใจมโนติดังที่กล่าวมาข้างต้น น้อยกว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละมโนคติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 มโนคติที่ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดขึ้นในระบบปิด มวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลรวมของสารหลังทำปฏิกิริยาตาม กฎทรงมวล



ภาพประกอบ 4 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ในแบบทดสอบวัดมโนคติที่ 1 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากการศึกษานักเรียนในกลุ่มทดลอง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ 82.2% มีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้องและสมบูรณ์ (SU) ซึ่งมากกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการสอนแบบปกติ ที่มีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้องและสมบูรณ์ (SU) คิดเป็น 77.5%

ในส่วนของ 7.8% ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายนั้นพบว่ามีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนคติสำคัญในเรื่องกฎทรงมวล แต่แสดงวิธีหาคำตอบไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยไม่แสดงวิธีการคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามกฎทรงมวลอย่างไร แต่อย่างไรก็ตามในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกตินั้นมีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ถึง 13.3%

3. จากการทดลองเมื่อผสมสารละลาย NaCl 11.7 กรัม กับสารละลาย AgNO₃ 34.0 กรัม เมื่อสารละลายทั้งสองทำปฏิกิริยาพอดีกัน เกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 45.7 กรัม การทดลองนี้สอดคล้องกับกฎทรงมวลหรือไม่

NaCl 11.7 g + AgNO₃ 34.0 g → ผลิตภัณฑ์ 45.7 g

☒ สอดคล้องกับกฎทรงมวล
☐ ไม่สอดคล้องกับกฎทรงมวล

จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม
 สมการเคมีที่ถูกต้อง + มวลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
 $100 \text{ NaCl} + 340 \text{ AgNO}_3 \rightarrow 457 \text{ ผลิตภัณฑ์}$

ภาพประกอบ 5 แสดงความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎทรงมวล

สำหรับความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) มีจำนวนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายคิดเป็น 6.7% ซึ่งมากกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติที่มีเพียง 3.3% โดยนักเรียนมีความเข้าใจในมิติในเรื่องกฎทรงมวลที่ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดขึ้นในระบบปิด มวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลรวมของสารหลังทำปฏิกิริยา แต่มีการคำนวณปริมาณของสารตั้งต้นที่เหลือนผิดพลาด โดยไม่นำปริมาณสารตั้งต้นที่เหลือนมาบวกด้านผลิตภัณฑ์ จึงทำให้สมการไม่ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์

6. หากทำการทดลองในระบบปิด น้ำแคลเซียม 20.0 กรัม มาเผากับออกซิเจน 18.0 กรัม เกิดสารประกอบแคลเซียมออกไซด์เพียงชนิดเดียวหนัก 36.0 กรัม และมีออกซิเจนเหลือ 2.0 กรัม การทดลองนี้เป็นไปตามกฎทรงมวลหรือไม่

☒ ใช่
☐ ไม่ใช่

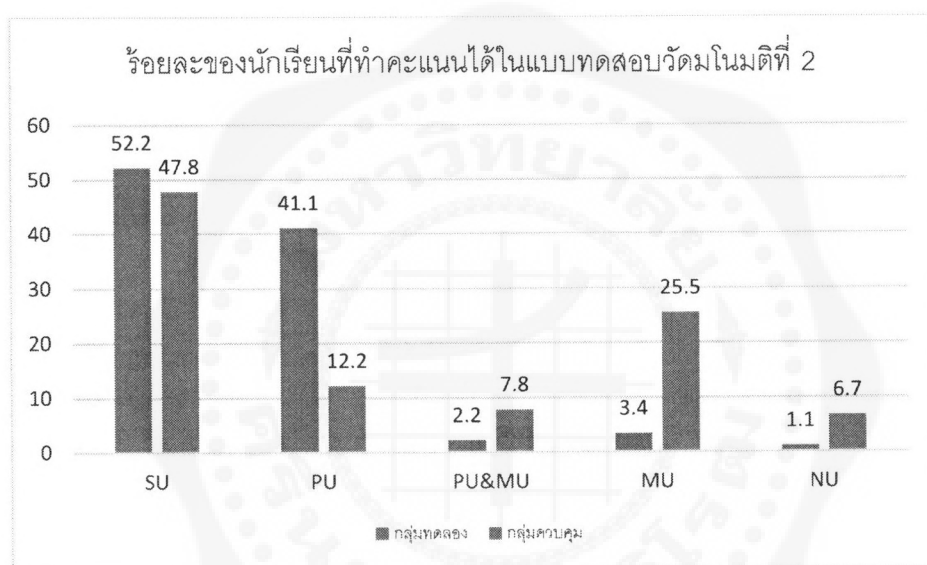
จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

$$\begin{array}{rcl} \text{Ca} + \text{O} & \rightarrow & \text{CaO} \\ 20 + 18 & = & 36 \\ 38 & = & 36 \\ 38 - 2 & = & 36 \\ 36 & = & 36 \end{array}$$

ภาพประกอบ 6 แสดงความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎทรงมวล

ในขณะที่มีโนมิตีที่คลาดเคลื่อน (MU) นั้น นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ไม่มีโนมิตีที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง กฎทรงมวล แต่ในส่วนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกตินั้นมีโนมิตีที่คลาดเคลื่อน 1.1% และนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกตินั้นมีความไม่เข้าใจโนมิตีในเรื่อง กฎทรงมวล ถึง 7.8% ซึ่งนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมี 3.3%

4.2 มโนมิตีที่ 2 สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สารประกอบชนิดเดียวกันมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบคงที่ตาม กฎสัดส่วนคงที่



ภาพประกอบ 7 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ในแบบทดสอบวัดมโนมิตีที่ 2 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความเข้าใจโนมิตีในเรื่อง กฎสัดส่วนคงที่ ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ (SU) ถึง 52.2% ซึ่งมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการสอนแบบปกติที่มีเพียง 47.8% โดยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายส่วนหนึ่งมีความเข้าใจโนมิตีในเรื่อง กฎสัดส่วนคงที่ ในระดับที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ถึง 41.1% ซึ่งจากแบบทดสอบจะเห็นได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจโนมิตีเรื่อง กฎสัดส่วนคงที่ และสามารถแสดงวิธีการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ได้อธิบายเหตุผลว่าเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่อย่างไร ซึ่งถ้าหากสารใดๆ จะ

เป็นสารชนิดเดียวกันตามกฎสัดส่วนคงที่ จะต้องมียัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเท่ากัน

5. เผาธาตุ A 20 กรัม กับธาตุ B 34 กรัม เกิดสารประกอบ AB 54 กรัม เมื่อนำสารประกอบ AB มาวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วยธาตุ A อยู่ร้อยละ 37 โดยมวล การทดลองนี้เป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่หรือไม่

☒ ใช่ ☐ ไม่ใช่

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

$\% A = \frac{20}{54} \times 100 = 37.03$

3

ภาพประกอบ 8 แสดงความเข้าใจในมิติบางระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่

ในประเด็นเรื่องความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีจำนวนน้อยกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติที่มีถึง 7.8% โดยใน 2.2% ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจว่าสาร 2 ตัวอย่างใดๆ จะเป็นสารชนิดเดียวกันได้ ต้องมียัตราส่วนโดยมวลอย่างต่ำของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเท่ากัน แต่นักเรียนแสดงวิธีการหาอัตราส่วนอย่างต่ำไม่ถูกต้อง

1. นำสารประกอบ 2 ตัวอย่างมาทำการทดสอบ พบว่าสารตัวอย่างที่ 1 ประกอบด้วยไฮโดรเจน 15.0 กรัม และออกซิเจน 120.0 กรัม ส่วนสารตัวอย่างที่ 2 ประกอบด้วยไฮโดรเจน 3.0 กรัม และออกซิเจน 24.0 กรัม สารประกอบทั้ง 2 ตัวอย่างนี้เป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่

☒ เป็นสารชนิดเดียวกัน ☐ เป็นสารต่างชนิดกัน

ข. เป็นสารต่างชนิดกัน

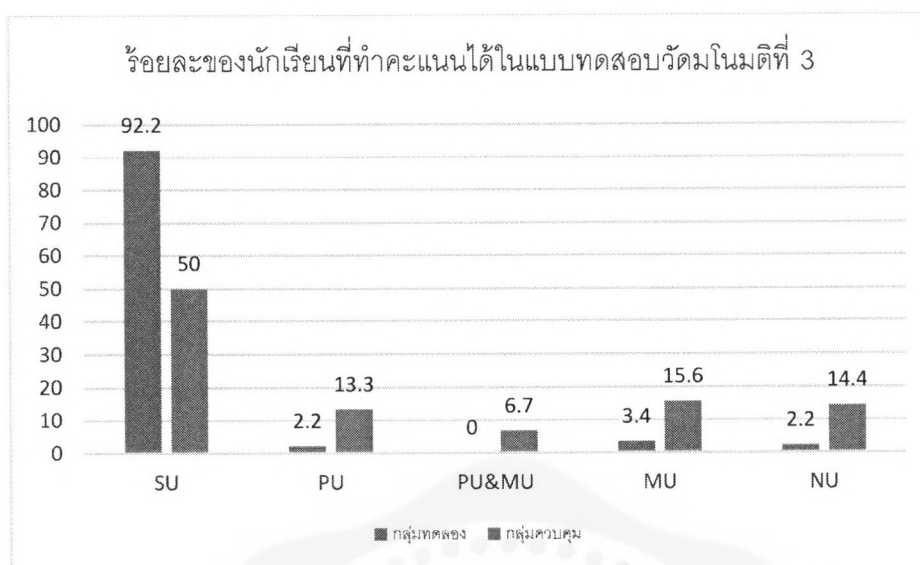
จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

15.0 : 120.0 3.0 : 24.0 15.0 : 120.0

→ $\frac{15.0}{3.0} = \frac{120.0}{24.0}$ $\frac{15.0}{3.0} = 5$ $\frac{120.0}{24.0} = 5$ เป็นสารชนิดเดียวกัน

2

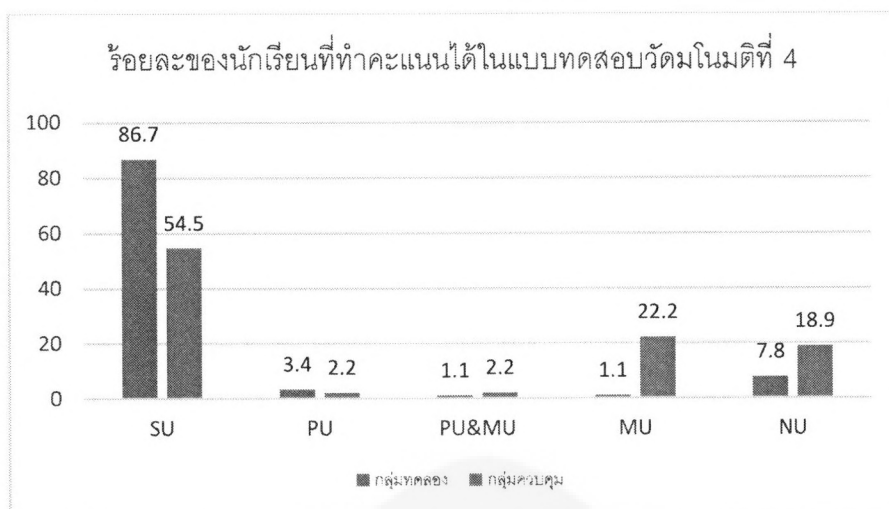
ภาพประกอบ 9 แสดงความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่



ภาพประกอบ 11 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ในแบบทดสอบวัดมโนคติที่ 3 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

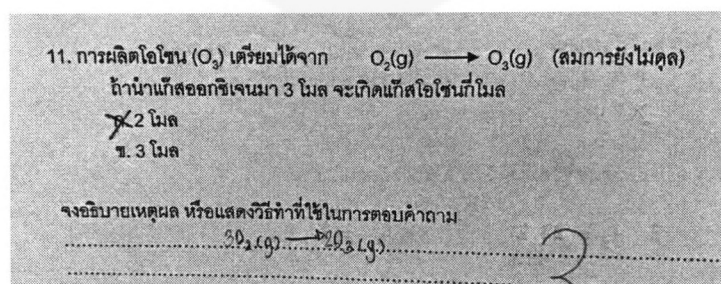
จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี โดยการให้นักเรียนได้วาดภาพแทนโมเลกุลของแก๊สในลูกโป่งที่กำหนดปริมาตรต่างๆ และภาพเคลื่อนไหวประกอบการอธิบายเรื่องกฎของอาโวกาโดร พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์ (SU) มากถึง 92.2% ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติมีเพียง 50%

สำหรับการศึกษาความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) นั้นพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการสอนแบบปกติมีมากถึง 13.3% ในส่วนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีเพียง 2.2% โดยพบว่านักเรียนในส่วนนี้สามารถระบุได้ว่าโจทย์ปัญหาเป็นไปตามกฎอาโวกาโดร และสามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ แต่ไม่อธิบายให้ละเอียดว่าเป็นไปตามกฎอาโวกาโดรอย่างไร



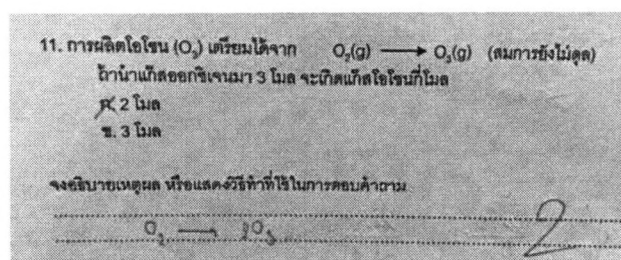
ภาพประกอบ 13 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ในแบบทดสอบวัดมโนคติที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ในจำนวนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย 3.4 % ที่มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ซึ่งต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติที่มี 2.2% ไม่มาก โดยในกลุ่มของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายนั้นมีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้อง สามารถดูแลสุขภาพเคมีได้ถูกต้อง แต่ไม่ได้แสดงหรืออธิบายถึงวิธีการหาค่าตอบอย่างละเอียด ผู้สอนจึงไม่สามารถชี้ชัดได้ว่านักเรียนดูตัวเลขที่ดูจากสมการเคมี หรือคำนวณจากความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมี



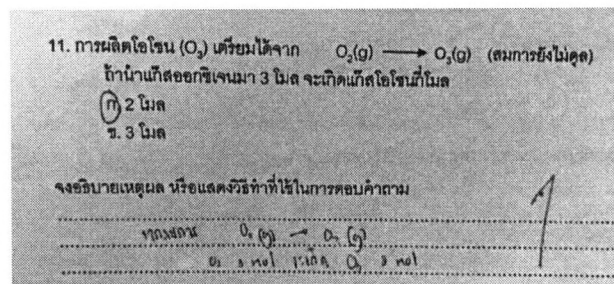
ภาพประกอบ 14 แสดงความเข้าใจมโนคติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมี

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) คิดเป็น 1.1% ซึ่งมีจำนวนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติที่มี 2.2% โดยในจำนวน 1.1% นี้ นักเรียนทราบว่าหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมีได้จะต้องดุลสมการเคมีก่อน แต่นักเรียนไม่สามารถดุลสมการเคมีได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ คำตอบที่ได้ อาจเกิดจากการทำนายคำตอบที่คาดว่าจะเป็นไปได้



ภาพประกอบ 15 แสดงความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมี

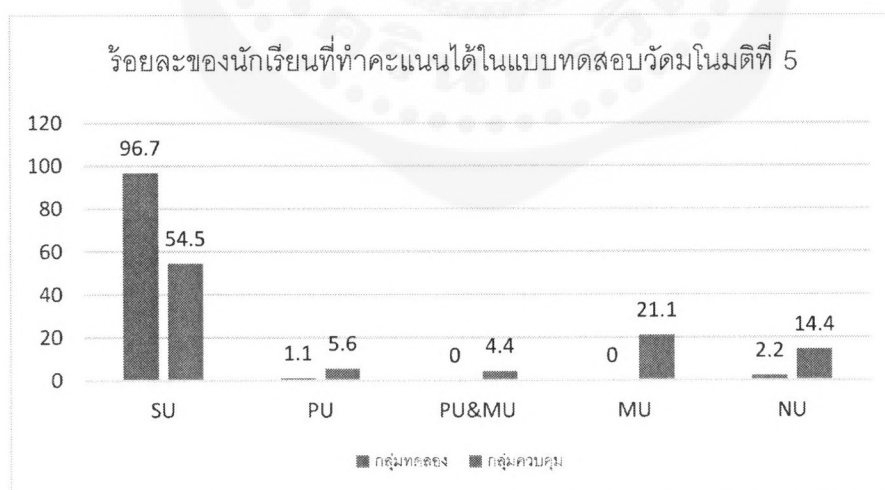
ผลจากการสอนพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีมิติที่คลาดเคลื่อนน้อยมาก เพียง 1.1% ในส่วนของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติมีมากถึง 22.2% เนื่องจากนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมีผ่านการจินตนาการการใช้ตัวแทนความคิดในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยใน 1.1% นี้ ยังมีความเข้าใจในมิติที่ผิดพลาด โดยแม้สามารถทำนายคำตอบที่ถูกต้องได้ แต่ไม่ได้ดุลสมการเคมีก่อน การคำนวณความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมี



ภาพประกอบ 16 แสดงมโนคติที่ผิดพลาด (MU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมี

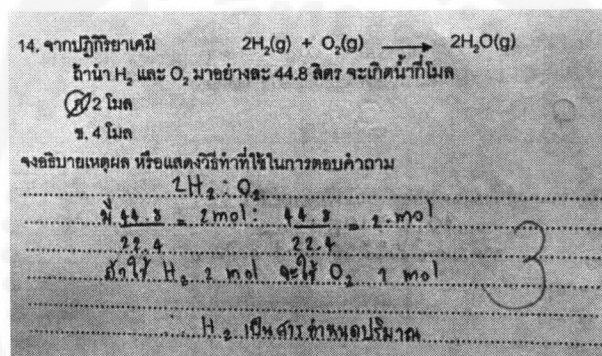
อีกทั้งยังพบว่าผลจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิด ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพถึงการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมีนั้นส่งผลให้นักเรียนมีความไม่เข้าใจมโนคติเพียง 7.8% เมื่อเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติที่มีมากถึง 18.9%

4.5 มโนคติที่ 5 เมื่อใช้สารทำปฏิกิริยาในปริมาณที่ไม่พอดีกัน จะมีสารหนึ่งเข้าทำปฏิกิริยาหมดไป สารนี้จึงเป็นตัวกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ



ภาพประกอบ 17 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของนักเรียนที่ทำคะแนนได้ในแบบทดสอบวัดมโนคติที่ 5 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

การสาธิตการทดลอง และการนำรูปภาพ มาใช้เป็นตัวแทนความคิดในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจในมิติในเรื่อง สารกำหนดปริมาณที่ถูกต้อง และสมบูรณ์ มากถึง 96.7% นอกจากนี้จะเห็นว่าไม่พบนักเรียนที่มีความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) และความเข้าใจในมิติที่ผิดพลาด (MU) แต่จาก 1.1% ของนักเรียนกลุ่มทดลองนี้ ยังมีความเข้าใจในมิติที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถแสดงวิธีหาสารกำหนดปริมาณ เพื่อนำมาใช้ในการเทียบหาปริมาณของสารอื่นๆในสมการเคมีต่อไปได้ แต่นักเรียนนั้นไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ในการเทียบหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่โจทย์ถามได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพ



ภาพประกอบ 18 แสดงความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ

เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติแล้ว พบว่านักเรียนความเข้าใจในมิติในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU), ความเข้าใจในมิติบางส่วนและมีมิติคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU), ความเข้าใจในมิติที่คลาดเคลื่อน (MU) และความไม่เข้าใจในมิติ (NU) คิดเป็น 5.5, 4.4, 21.1 และ 14.4 ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

จากข้อมูลข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีความเข้าใจในมิติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และการวิจัยสำหรับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ครูผู้สอนสามารถนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไปปรับ

ใช้กับการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ รวมถึงการเรียนรู้ในเรื่องอื่นๆ ได้ที่มีการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เนื่องจากส่งเสริมความเข้าใจในโมเดล สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ เป็นผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

1.2 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ การเลือกใช้ตัวแทนความคิดให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา สามารถอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรมได้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

1.3 การเลือกใช้ตัวแทนความคิดครูผู้สอนควรเลือกตัวแทนความคิดที่ใกล้ตัวสามารถ

สังเกตได้ง่าย หรือเป็นตัวแทนความคิดจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน เนื่องจากจะช่วยให้ นักเรียนสามารถจินตนาการ เชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในกิจกรรมกลุ่ม ควรจัดแบ่งกลุ่มไม่เกินกลุ่มละ 3 คน เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้จัด

แบ่งกลุ่มละ 5 คน มีนักเรียนบางคนในกลุ่มที่ทำกิจกรรม นักเรียนบางคนดูเพื่อนทำกิจกรรม หากแบ่งกลุ่มละ 3 คนที่มีจำนวนน้อยลงจะช่วยให้ นักเรียนทั้งหมดสามารถทำกิจกรรมได้อย่างทั่วถึง

2.2 ในกิจกรรมที่ให้นักเรียนต่อเลโก้เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการ

เคมี และต่อแบบจำลองแสดงโมเลกุลของน้ำในเรื่องของกฎสัดส่วนคงที่ พบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนหรือสัดส่วนที่สร้างแบบจำลองนักเรียนสามารถจินตนาการได้เองจากการทำ

กิจกรรมแรก โดยไม่ต้องทำกิจกรรมตามคำสั่งในใบกิจกรรม ดังนั้นอาจมีการปรับเปลี่ยนลดขั้นตอนของกิจกรรมในขั้นนี้ลง



บรรณานุกรม

- Adadan, E., Irving, K. E., & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multiple representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. *journal of science education*, 31(13), 1743-1775.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*, 16(3), 183-198.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws. *Education in chemistry*, 25(3), 89-92.
- BouJaoude, S., & Barakat, H. (2000). Secondary School Students' Difficulties with Stoichiometry. *School Science Review*, 81(296), 91-98.
- BOWEN, C. W., & BUNCE, D. M. (1997). Testing for conceptual understanding in general chemistry. *The Chemical Educator*, 2(2), 1-17.
- Cain, L. (1986). S'mores: A demonstration of stoichiometric relationships. *Journal of Chemical Education*, 63(12), 1048.
- Camacho, M., & Good, R. (1989). Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251-272.
- Chang, R. (2008). *General chemistry: the essential concepts*: Boston: McGraw-Hill.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3-24): Springer.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 333-350): Springer.
- Hinton, M. E., & Nakhleh, M. B. (1999). Students' microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions. *The Chemical Educator*, 4(5), 158-167.
- Huddle, P., & Pillay, A. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. *Journal of Research in Science*

Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 33(1), 65-77.

Johnstone, A. H. (1982). Macro and Microchemistry. *School Science Review*, 378.

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949-968.

Mammino, L. (2008). Teaching chemistry with and without external representations in professional environments with limited resources. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 155-185): Springer.

ÖZMEN, H., & Alipaşa, A. (2003). STUDENTS'DIFFICULTIES IN UNDERSTANDING OF THE CONSERVATION OF MATTER IN OPEN AND CLOSED-SYSTEM CHEMICAL REACTIONS. *Chemistry Education Research Practice*, 4(3), 279-290.

Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *Journal of Science Education*, 31(6), 787-808.

Staver, J. R., & Lumpe, A. T. (1995). Two investigations of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 177-193.

SUNYONO, YUANITA, L., & Ibrahim, M. (2015). Supporting Students in Learning with Multiple Representation to Improve Student Mental Models on Atomic Structure Concepts. *Science Education International*, 26(2).

Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrup, B. (2013). *Constructing representations to learn in science*: Springer Science & Business Media.

Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.

Wu, H.-K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Education Technology*, 21(6), 754-767.

บุญเลิศ, ส., & ภูโน, ม. การพัฒนารูปแบบปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่อง สารละลายกรด และเบส

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Journal of Education Khon Kaen University*, 8(2), 199-207.







ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

ด้านเนื้อหา

รศ. ดร.ชุติมา

คุณากาญจน์

อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะ
วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ด้านการสอนวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

อาจารย์ธัญญ์ฐา

คงทน

ครูชำนาญการ
โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

อาจารย์วิไลย์

พรหมชาติแก้ว

ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนเม็กราชมหาราช
วิทยาคม

ภาคผนวก ข
ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 15 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 1 ระบบและสิ่งแวดล้อม โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
1. ด้านจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.4 สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา					
2.1 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.5 เนื้อหาจะตัดรัดเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.6 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการใช้ภาษา					
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องในการใช้ภาษา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.3 มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.2 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.3 จัดลำดับการจัดการเรียนรู้ถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
5. คำถามท้ายการจัดการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.2 มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.3 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.4 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
5.5 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 16 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 2 กฎทรงมวล โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
1. ด้านจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.4 สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา					
2.1 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.5 เนื้อหาจะทัดรัดเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	หมายเหตุ
	1	2	3	IOC	
3. ด้านการใช้ภาษา					
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องในการใช้ภาษา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.3 มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.2 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.3 จัดลำดับการจัดการเรียนรู้ถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5. คำถามท้ายการจัดการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.2 มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.3 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.4 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
5.5 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 17 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน
ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 3 กฎสัดส่วนคงที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
1. ด้านจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.4 สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา					
2.1 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.5 เนื้อหาจะตัดรัดเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.6 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการใช้ภาษา					
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องในการใช้ภาษา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.3 มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.2 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.3 จัดลำดับการจัดการเรียนรู้ถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
5. คำถามท้ายการจัดการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.2 มีความยากง่ายเหมาะกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.3 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
5.4 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
5.5 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 18 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน
ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 4 ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
1. ด้านจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.4 สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา					
2.1 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.5 เนื้อหาจะตัดรัดเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
2.6 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการใช้ภาษา					
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องในการใช้ภาษา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.3 มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.2 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.3 จัดลำดับการจัดการเรียนรู้ถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5. คำถามท้ายการจัดการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.2 มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.3 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
5.4 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.5 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 19 รูปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน
ความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี โดย
ผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
1. ด้านจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.4 สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา					
2.1 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
2.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.5 เนื้อหาจะตัดรัดเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.6 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการใช้ภาษา					
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องในการใช้ภาษา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.3 มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.2 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.3 จัดลำดับการจัดการเรียนรู้ถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
4.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5. คำถามท้ายการจัดการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.2 มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.3 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.4 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.5 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 20 สรุปแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 6 สาระกำหนดปริมาณ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
1. ด้านจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.4 สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา					
2.1 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
2.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.5 เนื้อหากระชับรัดกุมเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย IOC	หมายเหตุ
	1	2	3		
2.6 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการใช้ภาษา					
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องในการใช้ภาษา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.3 มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.2 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.3 จัดลำดับการจัดการเรียนรู้ถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5. คำถามท้ายการจัดการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.2 มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.3 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.4 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
5.5 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 21 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย IOC	การ พิจารณา
	1	2	3		
1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
2	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้*
3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
7	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
9	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
10	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
11	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
14	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
17	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
19	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
20	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
22	+1	0	-1	0.00	ใช้ไม่ได้
23	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	การพิจารณา
	1	2	3		
24	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้*
25	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
26	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
27	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
28	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
29	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
30	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
31	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
34	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
35	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้*
36	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
37	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
38	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
39	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
40	0	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้

หมายเหตุ * ข้อที่ถูกคัดเลือกไปใช้ในการหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ตาราง 22 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มนำทาง
วิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย IOC	การ พิจารณา
	1	2	3		
1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
2	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้*
3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
8	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
9	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
10	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
11	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
14	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
15	0	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
16	+1	0	+1	0.67	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
18	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
19	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
20	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
21	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
22	+1	+1	+1	1.00	ใช้ไม่ได้
23	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย IOC	การ พิจารณา
	1	2	3		
24	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
25	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
26	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
27	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
28	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้*
29	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

หมายเหตุ* ข้อที่ถูกคัดเลือกไปใช้ในการหาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบในมิติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ แบบปรนัย

ข้อที่	P_H	P_L	$P_H + P_L$	p	r	การพิจารณา
1	7	4	11	0.37	0.20	ใช้ได้*
2	11	7	18	0.60	0.27	ใช้ได้*
3	14	10	25	0.80	0.27	ใช้ได้*
4	14	7	21	0.70	0.47	ใช้ได้*
5	11	10	21	0.70	0.07	ใช้ได้*
6	10	3	13	0.43	0.47	ใช้ได้
7	12	8	20	0.67	0.27	ใช้ได้*
8	0	0	0	0	0	ใช้ไม่ได้
9	6	3	9	0.30	0.20	ใช้ได้*
10	8	3	11	0.37	0.33	ใช้ได้*

ตาราง 23 (ต่อ)

ข้อที่	PH	PL	PH + PL	p	r	การพิจารณา
11	10	5	15	0.50	0.33	ใช้ได้*
12	6	3	9	0.30	0.20	ใช้ได้*
13	13	9	21	0.73	0.27	ใช้ได้*
14	11	8	19	0.63	0.20	ใช้ได้*
15	5	1	6	0.20	0.27	ใช้ได้
16	9	6	15	0.50	0.20	ใช้ได้*
17	9	0	9	0.30	0.60	ใช้ได้*
18	8	5	13	0.43	0.20	ใช้ได้*
19	11	3	14	0.47	0.53	ใช้ได้*
20	3	2	5	0.17	0.07	ใช้ไม่ได้
21	5	3	8	0.27	0.13	ใช้ไม่ได้
22	6	3	9	0.30	0.20	ใช้ได้*
23	8	4	12	0.40	0.27	ใช้ได้*
24	6	2	8	0.27	0.27	ใช้ได้*
25	8	4	12	0.40	0.27	ใช้ได้*

หมายเหตุ * ข้อที่ถูกคัดเลือกไปใช้ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจ
จำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.60 โดยข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อนี้มีค่าความเชื่อมั่น (r_{tt})
เท่ากับ 0.71

ตาราง 24 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ข้อที่	U	L	$X_{\max}$	$X_{\min}$	P_E	D	การพิจารณา
1	55	42	4	0	0.80	0.22	ใช้ได้*
2	35	22	4	0	0.48	0.22	ใช้ได้*
3	56	50	4	2	0.77	0.20	ใช้ได้*
4	40	33	4	0	0.61	0.12	ใช้ไม่ได้*
ข้อที่	U	L	Xmax	Xmin	PE	D	การพิจารณา
5	54	41	4	0	0.80	0.22	ใช้ได้*
6	30	17	4	0	0.40	0.22	ใช้ได้*
7	22	26	2	0	0.80	-0.13	ใช้ไม่ได้
8	22	10	4	0	0.27	0.20	ใช้ได้*
9	31	11	4	0	0.35	0.33	ใช้ได้*
10	38	27	4	1	0.39	0.24	ใช้ได้*
11	19	5	4	0	0.20	0.23	ใช้ได้*
12	45	23	4	0	0.57	0.37	ใช้ได้*
13	20	6	4	0	0.22	0.23	ใช้ได้*
14	19	6	4	0	0.21	0.22	ใช้ได้*
15	7	9	4	0	0.13	-0.03	ใช้ไม่ได้
16	53	41	4	0	0.78	0.20	ใช้ได้*
17	12	5	2	0	0.28	0.23	ใช้ได้*
18	10	3	2	0	0.22	0.23	ใช้ได้*
19	11	12	2	0	0.38	-0.03	ใช้ไม่ได้
20	24	11	4	0	0.30	0.22	ใช้ได้*

หมายเหตุ * ข้อที่ถูกคัดเลือกไปใช้ในแบบทดสอบมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.37 โดยข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 15 ข้อนี้มีค่าความเชื่อมั่น (α) เท่ากับ 0.74

ตาราง 25 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎทรงมวล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนใบกิจกรรมที่ 1 และ 2	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	(60 คะแนน)	(17 คะแนน)
1	54	15
2	57	17
3	53	17
4	54	17
5	59	13
6	52	16
7	54	16
8	58	17
9	55	17
10	57	17
11	52	14
12	55	15
13	54	16
14	55	15
15	55	17
รวม	824	239
เฉลี่ย	54.93	15.93
S.D	2.05	1.28
ร้อยละ	91.56	93.73

จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กฎทรงมวล มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.56/93.73

ตาราง 26 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนใบกิจกรรมที่ 3	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	(40 คะแนน)	(15 คะแนน)
1	39	14
2	39	15
3	40	13
4	40	13
5	40	14
6	38	11
7	38	13
8	40	13
9	37	12
10	39	14
11	40	10
12	39	14
13	40	14
14	39	14
15	39	14
รวม	587	198
เฉลี่ย	39.13	13.20
S.D	0.92	1.32
ร้อยละ	97.83	88.00

จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 97.83/88.00

ตาราง 27 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนใบกิจกรรมที่ 4 (30 คะแนน)	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (16 คะแนน)
1	30	16
2	27	16
3	29	14
4	27	16
5	25	10
6	29	16
7	30	13
8	30	14
9	30	14
10	30	15
11	30	15
12	30	15
13	27	14
14	30	16
15	30	15
รวม	434	219
เฉลี่ย	28.93	14.60
S.D	1.62	1.59
ร้อยละ	96.44	91.25

จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 96.44/91.25

ตาราง 28 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนใบกิจกรรมที่ 5	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	(40 คะแนน)	(16 คะแนน)
1	31	16
2	31	14
3	38	11
4	36	11
5	37	16
6	31	9
7	31	12
8	32	7
9	32	11
10	31	10
11	31	15
12	31	12
13	37	11
14	34	11
15	30	16
รวม	493	182
เฉลี่ย	32.87	12.13
S.D	2.75	2.72
ร้อยละ	82.17	75.83

จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.17/75.83

ตาราง 29 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนใบกิจกรรมที่ 6	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	(60 คะแนน)	(16 คะแนน)
1	51	13
2	51	12
3	60	15
4	59	16
5	51	16
6	51	13
7	60	16
8	60	15
9	60	15
10	51	15
11	60	16
12	59	16
13	60	13
14	51	13
15	51	16
รวม	835	220
เฉลี่ย	55.67	14.67
S.D	4.53	1.45
ร้อยละ	92.78	91.67

จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง
วิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแผนการ
จัดการเรียนรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 92.78/91.67



ภาคผนวก ค

ผลคะแนนสอบของนักเรียนที่ได้จากการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน



ตาราง 30 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนใบกิจกรรมที่ 5 (40 คะแนน)	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (16 คะแนน)
1	31	16
2	31	14
3	38	11
4	36	11
5	37	16
6	31	9
7	31	12
8	32	7
9	32	11
10	31	10
11	31	15
12	31	12
13	37	11
14	34	11
15	30	16
รวม	493	182
เฉลี่ย	32.87	12.13
S.D	2.75	2.72
ร้อยละ	82.17	75.83

จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแผนการ

จัดการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.17/75.83

ตาราง 31 แสดงค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนใบกิจกรรมที่ 6 (60 คะแนน)	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (16 คะแนน)
1	51	13
2	51	12
3	60	15
4	59	16
5	51	16
6	51	13
7	60	16
8	60	15
9	60	15
10	51	15
11	60	16
12	59	16
13	60	13
14	51	13
15	51	16
รวม	835	220
เฉลี่ย	55.67	14.67
S.D	4.53	1.45
ร้อยละ	92.78	91.67

จากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 92.78/91.67

ตาราง 32 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (80 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (80 คะแนน)	D	D ²
1	17	76	59	3481
2	8	73	65	4225
3	12	75	63	3969
4	15	79	64	4096
5	10	71	61	3721
6	13	62	49	2401
7	5	77	72	5184
8	11	66	55	3025
9	15	75	60	3600
10	9	76	67	4489
11	14	70	56	3136
12	10	72	62	3844
13	12	79	67	4489
14	15	80	65	4225
15	12	71	59	3481
16	14	76	62	3844
17	11	74	63	3969
18	16	75	59	3481
19	12	70	58	3481

ตาราง 32 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (80 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (80 คะแนน)	D	D ²
20	8	73	65	3364
21	11	75	64	4225
22	12	70	58	4096
23	8	75	67	4489
24	11	70	59	3481
25	9	77	68	4624
26	15	74	59	3481
27	18	72	54	2916
28	17	70	53	2809
29	6	77	71	5041
30	19	76	57	3249
รวม	365	2206	1841	113799
เฉลี่ย	12.17	73.53	61.37	3793.3
S.D.	3.51	3.91	5.33	625.23
ร้อยละ	15.21	91.92	-	-

ตาราง 33 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับ
 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง
 ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คนที่	คะแนนกลุ่มทดลอง (80 คะแนน)		คะแนนกลุ่มควบคุม (80 คะแนน)		D_1	D_2
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
1	17	76	22	61	59	39
2	8	73	12	58	65	46
3	12	75	17	67	63	50
4	15	79	12	71	64	59
5	10	71	14	70	61	56
6	13	62	21	36	49	15
7	5	77	11	42	72	31
8	11	66	12	31	55	19
9	15	75	16	39	60	23
10	9	76	19	62	67	43
11	14	70	12	36	56	24
12	10	72	16	52	62	36
13	12	79	16	61	67	45
14	15	80	21	70	65	49
15	12	71	16	48	59	32
16	14	76	14	48	62	34
17	11	74	12	69	63	57
18	16	75	24	43	59	19
19	12	70	8	47	58	39
20	8	73	12	42	65	30
21	11	75	14	44	64	30
22	12	70	17	56	58	39

ตาราง 33 (ต่อ)

คนที่	คะแนนกลุ่มทดลอง (80 คะแนน)		คะแนนกลุ่มควบคุม (80 คะแนน)		D_1	D_2
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
23	8	75	6	55	67	49
24	11	70	22	70	59	48
25	9	77	11	43	68	32
26	15	74	20	69	59	49
27	18	72	10	66	54	56
28	17	70	14	63	53	49
30	19	76	10	68	57	58
รวม	365	2206	446	1650	1841	1204
เฉลี่ย	12.17	73.63	14.87	55.0	61.37	40.13
S.D.	3.51	3.91	4.45	12.44	5.33	12.63
ร้อยละ	15.21	91.92	18.58	68.75	-	-
29	6	77	15	63	71	48

ตาราง 34 แสดงคะแนนความเข้าใจในมิติ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คนที่	คะแนนกลุ่มทดลอง		คะแนนกลุ่มควบคุม		D ₁	D ₂
	(60 คะแนน)		(60 คะแนน)			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
1	9	57	12	48	48	36
2	3	55	2	43	52	41
3	5	56	6	48	51	42
4	8	59	1	53	51	52
5	3	53	7	55	50	48
6	8	47	10	27	39	17
7	3	58	2	30	55	28
8	10	47	6	24	37	18
9	5	57	9	25	52	16
10	3	58	10	46	55	36
11	6	45	3	28	39	25
12	6	54	8	38	48	30
13	6	60	6	46	54	40
14	4	60	11	53	56	42
15	3	52	10	42	49	32
16	7	58	4	40	51	36
17	5	57	1	54	52	53
18	6	59	16	28	53	12
19	6	54	2	41	48	39
20	3	55	2	26	52	24
21	4	57	5	29	53	24
22	6	45	8	41	39	33

ตาราง 34 (ต่อ)

คนที่	คะแนนกลุ่มทดลอง		คะแนนกลุ่มควบคุม		D ₁	D ₂
	(60 คะแนน)		(60 คะแนน)			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
23	2	60	3	47	58	44
24	3	55	11	53	52	42
25	4	58	9	37	54	28
26	7	56	11	53	49	42
27	10	47	8	49	37	41
28	10	53	2	47	43	45
29	2	59	4	49	57	45
30	7	60	1	53	53	52
รวม	164	1651	190	1253	1487	1063
เฉลี่ย	5.47	55.03	6.33	41.77	49.56	35.43
S.D.	2.42	4.60	4.02	10.20	5.99	11.20
ร้อยละ	9.11	91.72	10.56	69.61	-	-

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 1 ระบบและสิ่งแวดล้อม

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายวิชา เคมี

ครูผู้สอน ชฎาวรรณ สุขัมศรี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รหัสวิชา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

จำนวน 1 คาบ เวลา 50 นาที

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายความหมายของระบบกับสิ่งแวดล้อมและภาวะของระบบได้

3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ระบบที่มีการถ่ายเทมวลสารกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่า **ระบบเปิด** ส่วนระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลสารกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่า **ระบบปิด**

4. สาระการเรียนรู้แกนกลาง

ในการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาใดๆ จะต้องกำหนดขอบเขตของการศึกษา ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาซึ่งรวมทั้งก่อนการเปลี่ยนแปลงและหลังการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า **ระบบ** กับส่วนที่อยู่นอกขอบเขตการศึกษา เช่น ภาชนะ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือวัดต่างๆ เรียกว่า **สิ่งแวดล้อม**

ระบบที่มีการถ่ายเทมวลสารกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่า **ระบบเปิด** ส่วนระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลสารกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่า **ระบบปิด**

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของระบบกับสิ่งแวดล้อมและภาวะของระบบได้
2. อธิบายความหมายของระบบปิดและระบบเปิด พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (20 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน โดยการสุ่ม และให้นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่ครูกำหนดให้
2. ครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง ระบบและสิ่งแวดล้อม ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด
3. ครูสาธิตการทดลองปฏิกิริยาระหว่างคอปเปอร์(II)ซัลเฟต (CuSO_4) กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยครูเติมสารละลาย CuSO_4 ประมาณ 20 ml ลงในขวดรูปชมพู่ 2 ขวด โดยขวดที่ 2 จะมีลูกโป่งปิดปากขวดรูปชมพู่ไว้ โดยที่ขวดรูปชมพู่ทั้ง 2 ขวดนั้นวางอยู่บนเครื่องชั่งสารแยกกัน จากนั้นนำหลอดทดลองที่บรรจุสารละลาย NaOH ประมาณ 20 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ทั้ง 2 ขวด
4. ครูเอียงขวดรูปชมพู่ทั้ง 2 ขวด ให้สารละลาย NaOH ในหลอดทดลองไหลออกมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย CuSO_4 ในขวดรูปชมพู่ ในขณะภาชนะบรรจุสารยังอยู่บนเครื่องชั่งสาร และให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 ครูถามคำถามนักเรียน ดังนี้
 - 4.1 นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้าง
(นักเรียน: มวลของสารไม่เปลี่ยนแปลง, มีตะกอนสีน้ำเงินเกิดขึ้น)
 - 4.2 ครูให้นักเรียนระบุสถานะของสารในสมการเคมีที่กำหนดให้
(นักเรียน: $\text{CuSO}_4(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$)
 - 4.3 สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีสถานะอะไรบ้าง
(นักเรียน: ของเหลวและของแข็ง)
 - 4.4 หากพิจารณาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เพราะเหตุใดมวลของสารจึงไม่เปลี่ยนแปลง
(นักเรียน: สารไม่สูญหายออกสู่สิ่งแวดล้อม, ไม่มีแก๊สเกิดขึ้น)

4.5 ครูอธิบายว่า จากการทดลองดังกล่าวปฏิกิริยาเคมีที่ไม่มีสารในสถานะแก๊สเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาจัดเป็นระบบปิดแม้ว่าจะทำปฏิกิริยาในภาชนะเปิดก็ตาม เพราะระบบปิดจะไม่มีการถ่ายเทมวลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม ถ้าครูสาธิตการทดลองในปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ จะให้ผลเช่นเดียวกันนี้หรือไม่ จากนั้นครูสาธิตการทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีแก๊สเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา

5. ครูสาธิตการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโลหะสังกะสี (Zn) กับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 โดยครูเติมผงสังกะสีลงในขวดรูปชมพู่ 2 ขวด โดยขวดที่ 2 จะมีลูกโป่งปิดปากขวดรูปชมพู่ไว้ โดยที่ขวดรูปชมพู่ทั้ง 2 ขวดนั้นวางอยู่บนเครื่องชั่งสารแยกกัน จากนั้นครูนำหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายกรดไฮโดรคลอริกประมาณ 20 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ทั้ง 2 ขวด

6. ครูเอียงขวดรูปชมพู่ให้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกในหลอดทดลองไหลออกมาทำปฏิกิริยากับผงสังกะสีในขวดรูปชมพู่ทั้ง 2 ขวด แล้วให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 ครูถามคำถามนักเรียน ดังนี้

6.1 นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้างในขวดรูปชมพู่ขวดที่ 1

(นักเรียน: มวลของสารลดลง, มีฟองแก๊สเกิดขึ้น)

6.2 นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีแก๊สเกิดขึ้นในปฏิกิริยา

(นักเรียน: เกิดฟองในสารละลาย)

6.3 ครูให้นักเรียนเขียนระบุสถานะของสารในสมการเคมี

(นักเรียน: $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \longrightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$)

6.4 สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีสถานะอะไรบ้าง

(นักเรียน: ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส)

6.5 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วมวลของสารจึงลดลง

(นักเรียน: แก๊สที่เกิดขึ้นระเหยออกไปสู่สิ่งแวดล้อม)

6.6 นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้างในขวดรูปชมพู่ขวดที่ 2

(นักเรียน: มวลไม่เปลี่ยนแปลง, มีฟองแก๊สเกิดขึ้น)

6.7 หากพิจารณาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เพราะเหตุใดมวลของสารจึงไม่เปลี่ยนแปลง

(นักเรียน: มีลูกโป่งปิดขวดรูปชมพู่ไว้, แก๊สระเหยออกไปไม่ได้)

6.8 ครูอธิบายว่า จากการทดลองดังกล่าวปฏิกิริยาเคมีมีสารที่มีสถานะแก๊สเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา นั่นคือเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสถานะแก๊ส ดังนั้นหากทำการทดลองในภาชนะเปิด แก๊สจะเกิดการระเหยออกสู่สิ่งแวดล้อม จึงจัดเป็นระบบเปิด แต่ถ้าทำการทดลองในภาชนะปิดแก๊สที่เกิดขึ้น

จะไม่เกิดการถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม จึงจัดเป็นระบบปิด ดังนั้นในการพิจารณาระบบว่าเป็นแบบใดนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับการเปิดหรือปิดภาชนะ แต่ต้องพิจารณาการถ่ายเทมวลสารกับสิ่งแวดล้อม นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้นเราจะได้เรียนรู้กันในระดับโมเลกุล

ขั้นที่ 2 สืบสวนและจินตนาการ (20 นาที)

1. ครูตั้งคำถามเพื่อชี้แนะให้นักเรียนจินตนาการถึงการจัดเรียงอะตอมในสารแต่ละชนิดจากการทดลองปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH และ ปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl

1.1 CuSO_4 NaOH หรือ HCl นั้นอยู่ในรูปโมเลกุล ใน 1 โมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของธาตุกี่ชนิดและจะมีการจัดเรียงอะตอมอย่างไร และ Zn เป็นโลหะแต่ละอะตอมจะอยู่อย่างไร

1.2 สารทั้ง 3 สถานะ ได้แก่ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มีพลังงานจลน์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

2. ครูให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์แทนตัวแทนความคิดที่แสดงโมเลกุลของสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH

(นักเรียน: กำหนดตัวแทนความคิดเพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.1.1)

3. ให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด โดยตั้งประเด็นคำถามแนะแนวทางดังต่อไปนี้

3.1 ก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาสารในภาชนะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

3.2 มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

3.3 ระบบดังกล่าวจัดเป็นระบบแบบใด

(นักเรียน: วาดภาพตัวแทนความคิด และอธิบายเหตุผลประกอบตัวแทนความคิดของตนลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.1.2)

4. ครูให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์แทนตัวแทนความคิดที่แสดงโมเลกุลของสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับสารละลายกรด HCl

(นักเรียน : กำหนดตัวแทนความคิดเพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.2.1)

3. ครูให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด โดยตั้งประเด็นคำถามแนะแนวทางดังต่อไปนี้

3.1 ก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาสารในภาชนะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

3.2 มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

3.3 ระบบดังกล่าวจัดเป็นระบบแบบใด

(นักเรียน: วาดภาพตัวแทนความคิด และอธิบายเหตุผลประกอบตัวแทนความคิดของตนลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.2.2)

5. ครูให้นักเรียนปรึกษาและร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มว่าตัวแทนความคิดของกลุ่มตนเองนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ครูได้นำเสนอไปก่อนหน้านี้ได้หรือไม่

6. ครูให้นักเรียนตั้งคำถามและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม แล้วนำมาสรุปความรู้หลังการทำกิจกรรมในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2 โดยครูชี้แนะแนวทางด้วยคำถามให้นักเรียนได้สังเกตในประเด็นดังต่อไปนี้

6.1 ในปฏิกิริยาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมวลสาร เป็นเพราะเหตุใด

6.2 ในปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงมวลสาร เป็นเพราะเหตุใด

6.3 นักเรียนจะอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้อย่างไร

(นักเรียน: สรุปผลการทำกิจกรรมร่วมกันในแต่ละกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนตรวจสอบตัวแทนความคิดของกลุ่มตนเอง และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลว่าสามารถอธิบายการทดลองที่ครูสาธิต หรือมีความแตกต่างกันอย่างไร

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเองกับเพื่อนในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด

3. ครูสุ่มนักเรียนตัวแทนกลุ่ม 1-2 กลุ่ม เพื่อมานำเสนอตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการทดลองที่ครูสาธิต

4. ครูเขียนสิ่งที่นักเรียนตัวแทนกลุ่มได้นำเสนอ และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่ม

5. ครูให้ออกาสนักเรียนกลุ่มอื่นๆได้เสนอประเด็นความแตกต่างนอกเหนือจากที่เพื่อนได้นำเสนอ แล้วเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงไป

6. ครูนำนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าตัวแทนความคิดที่ถูกต้องควรเป็นอย่างไร และสามารถอธิบายกฎทรงมวลได้อย่างไร ตัวแทนความคิดกลุ่มใดสามารถอธิบายได้ดีที่สุด

7. ครูให้นักเรียนปรับปรุงใบกิจกรรมของตนเองให้ถูกต้อง โดยครูเดินไปช่วยตรวจดูและให้คำแนะนำนักเรียนแต่ละคน

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับระบบปิดและระบบเปิด โดยใช้คำถามต่อไปนี้

8.1 นักเรียนคิดว่าเหตุใดในบางปฏิกิริยา มวลของสารจึงมีการเปลี่ยนแปลง

(นักเรียน: เพราะมีแก๊สถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม)

8.2 ครูตั้งคำถามว่ามวลที่ลดลงไปเป็นมวลของสารใด

(นักเรียน: มวลของแก๊สที่ถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม)

8.3 ครูอธิบายว่าในระบบที่มีแก๊สเกิดขึ้นนั้น หากทำการทดลองในภาชนะเปิดแก๊สจะเกิดการแพร่กระจายถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากแก๊สมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าสารในสถานะของแข็งหรือของเหลว แก๊สจึงฟุ้งกระจายได้ดี แต่หากทำการทดลองในภาชนะปิด แก๊สก็จะถูกกักอยู่ในภาชนะนั้น ไม่สามารถฟุ้งกระจายออกไปนอกภาชนะได้

9. ครูอธิบายเพิ่มเติมเพื่อสรุปกิจกรรมว่าจากการทดลองที่ครูสาธิต ในการทดลองที่ไม่มีแก๊สเกี่ยวข้องในปฏิกิริยา นั่นคือปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH นั้นแม้ว่าจะเป็นภาชนะเปิดแต่จัดเป็นระบบปิด เพราะมวลสารไม่เกิดการถ่ายเทออกนอกภาชนะหรือสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการพิจารณาว่าระบบใดเป็นระบบปิดหรือระบบเปิดนั้นจะพิจารณาจากการถ่ายเทมวลของระบบกับสิ่งแวดล้อม โดยไม่ขึ้นอยู่กับการปิดหรือเปิดภาชนะ ส่วนในปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl จะมีแก๊สเกิดขึ้นในปฏิกิริยา หากทำการทดลองในภาชนะเปิดแก๊สจะถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม จึงจัดเป็นระบบเปิด แต่หากทำการทดลองในภาชนะปิดแก๊สจะไม่ถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อมจึงจัดเป็นระบบปิดได้เช่นกัน

ขั้นที่ 4 ประเมินผล (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนทางความคิด และออกแบบตัวแทนความคิดเพื่อให้อธิบาย และแก้ปัญหาโจทย์ที่กำหนดให้ แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3.1 โดยในแต่ละกลุ่มจะได้ปฏิกิริยาเคมีที่แตกต่างกัน

2. ครูนำอภิปรายว่าระบบที่มีการถ่ายเทมวลสารกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่า ระบบเปิด ส่วนระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลสารกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่า ระบบปิด

3. นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระบบปิดและระบบเปิดในปฏิกิริยาเคมี พร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ ในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3.2

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน (รวบยอด)

แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ระบบกับสิ่งแวดล้อม

8. สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้

1. วัสดุและอุปกรณ์ในการสาธิตการทดลอง

1.1 เครื่องชั่งสาร

1.2 ขวดรูปชมพู่

1.3 หลอดทดลอง

1.4 สารเคมี ได้แก่ สารละลายไฮโดรเจนไฮดรอกไซด์, สารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต, สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และผงสังกะสี

2. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โดย สสวท.

9. การวัดและการประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ด้านความรู้	ตรวจแบบฝึกหัด	แบบฝึกหัด	ปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 75
ด้านทักษะกระบวนการ	การอภิปรายผล	การสังเกต	ปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 75
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	สังเกตการร่วมกิจกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	พฤติกรรมผ่านเกณฑ์ระดับคุณภาพดี

แบบบันทึกกิจกรรม
เรื่องที่ 1 ระบบและสิ่งแวดล้อม

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

ตอนที่ 1 สิ่งที่เกิดขึ้นได้จากปรากฏการณ์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนสังเกตการทดลองที่ครูสาธิต ได้แก่

1. ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด
2. ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย Zn กับ HCl ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด

ตารางบันทึกผลการสังเกต

การทดลองบนเครื่องขังสาร	สิ่งที่สังเกตได้
ปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH สมการเคมี : $\text{CuSO}_4\ldots + 2\text{NaOH}\ldots \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\ldots + \text{Na}_2\text{SO}_4\ldots$	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น: มวลของสารในภาชนะเปิด: มวลของสารในภาชนะปิด :
ปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl สมการเคมี : $\text{Zn} \ldots + 2\text{HCl} \ldots \longrightarrow \text{ZnCl}_2 \ldots + \text{H}_2 \ldots$	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น: มวลของสารในภาชนะเปิด: มวลของสารในภาชนะปิด :

ตอนที่ 2 ภาพตัวแทนทางความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์

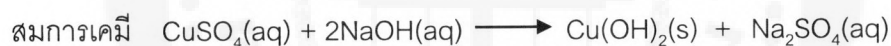
2.1 ปฏิกริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH

2.1.1 กำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนทางความคิด

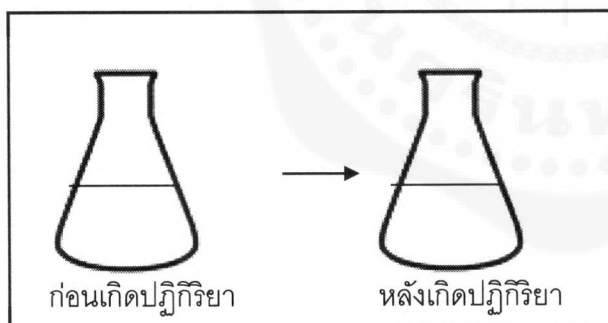
คำชี้แจง: ให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนความคิดเพื่อใช้แทนสารประกอบ $\text{CuSO}_4(\text{aq})$, $\text{NaOH}(\text{aq})$, $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$ และ $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

2.1.2 ตัวแทนทางความคิดในระดับโมเลกุล

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด



ในภาชนะเปิด



อธิบายเหตุผลประกอบ

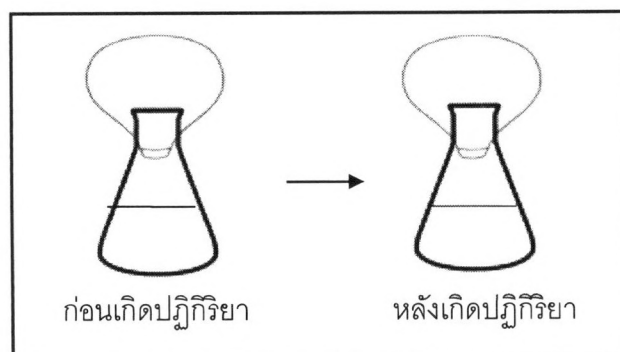
.....

.....

.....

.....

ในภาชนะปิด



อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

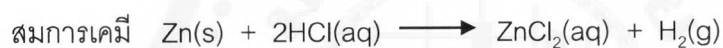
2.2 ปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl

2.2.1 กำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนทางความคิด

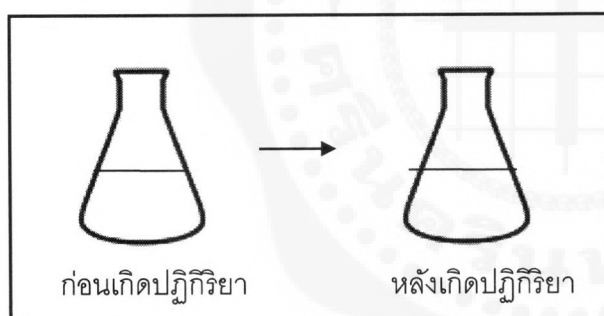
คำชี้แจง: ให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนความคิดเพื่อใช้แทน Zn(s) , HCl(aq) , $\text{ZnCl}_2\text{(aq)}$ และ $\text{H}_2\text{(g)}$

2.2.2 ตัวแทนทางความคิดในระดับโมเลกุล

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด



ในภาชนะเปิด



อธิบายเหตุผลประกอบ

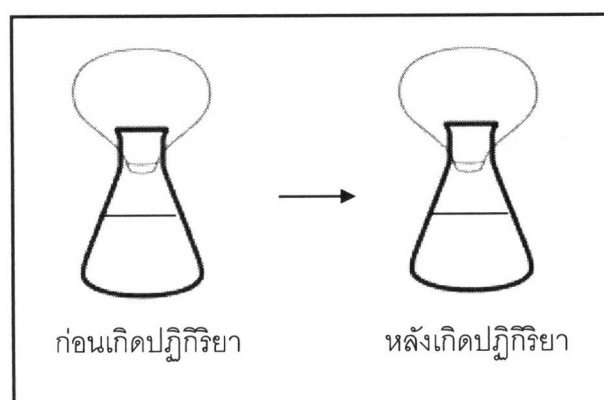
.....

.....

.....

.....

ในภาชนะปิด



อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

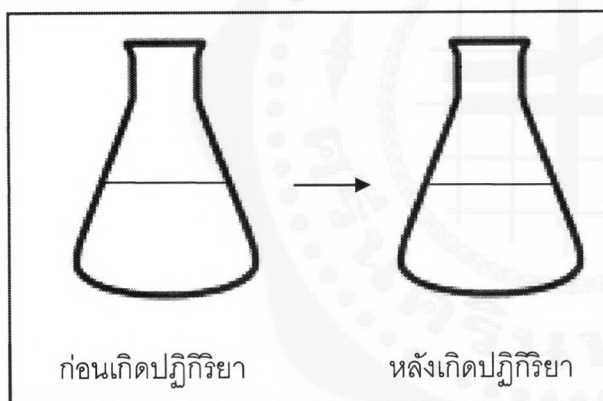
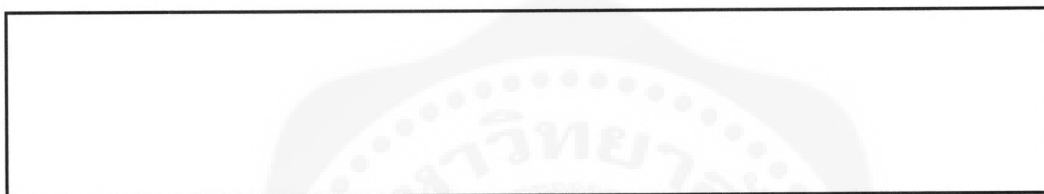
ตอนที่ 3 ประยุกต์ความรู้

3.1 ปฏิกริยาที่กำหนดให้เป็นระบบปิดหรือระบบเปิด



โดยให้นักเรียนออกแบบตัวแทนความคิด เพื่อวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกริยาที่กำหนดให้ และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด

กำหนดตัวแทนความคิด

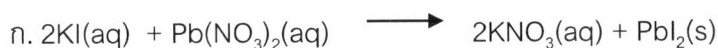


อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

ตอบ

3.2 ปฏิกริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้เป็นระบบปิด หากปฏิกิริยาเกิดในภาชนะเปิด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ



เหตุผล.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 2 กฎทรงมวล

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

รายวิชา เคมี

รหัสวิชา

จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที

ครูผู้สอน ชฎาวรรณ สุขัมศรี

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ผลการเรียนรู้

คำนวณหาอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบตามสัดส่วนคงที่ได้

3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดขึ้นในระบบปิด มวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลรวมของสารหลังทำปฏิกิริยาตาม กฎทรงมวล

4. สาระการเรียนรู้แกนกลาง

องตวน โลรอง ลาวัซซีเยร์ (Antoin-Laurent Lavoisier) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการทดลองในระบบปิด ผลการทดลองพบว่ามวลของสารทั้งหมดก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลของสารทั้งหมดหลังเกิดปฏิกิริยา และเขาทดลองทำหลายๆ ครั้งก็ได้ผลเช่นเดิม จึงสรุปเป็นกฎเรียกว่า กฎทรงมวล กล่าวว่า “มวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา”

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของระบบปิดและระบบเปิด พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้
2. สรุปสาระสำคัญของกฎทรงมวลและใช้คำนวณหามวลของสารในปฏิกิริยาเคมีได้

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (20 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน โดยการสุ่ม และให้นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่ครูกำหนดให้

2. ครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมเรื่อง กฎทรงมวล ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด

3. ครูให้นักเรียนต่อตัวต่อแสดง ปฏิกิริยาระหว่างคอปเปอร์(II)ซัลเฟต (CuSO_4) กับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 โดยให้ตัวต่อแต่ละชิ้นแทนอะตอมของธาตุต่างๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องนำตัวต่อมาต่อกันเป็นสารตั้งต้น CuSO_4 และ NaOH โดยพิจารณาถึงจำนวนโมลที่ใช้จากสมการที่ดุลแล้วด้วย และชั่งน้ำหนักของสารตั้งต้นบนเครื่องชั่ง ครูให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ และบันทึกมวลสารก่อนทำปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1

(นักเรียน: บันทึกสิ่งที่สังเกตได้ และบันทึกมวลสารก่อนทำปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1)

4. ครูให้นักเรียนนำตัวต่อที่ต่อเป็นสารตั้งต้นมาแปลงเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น คือ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ และ Na_2SO_4 แล้วให้นักเรียนบันทึกมวลสารหลังทำปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 ครูถามคำถามนักเรียน ดังนี้

4.1 นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้าง

(นักเรียน: มวลรวมก่อนเกิดปฏิกิริยาและหลังเกิดปฏิกิริยาเท่ากัน)

4.2 ครูให้นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยา

(นักเรียน: $\text{CuSO}_4(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$)

4.3 สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีสถานะอะไรบ้าง

(นักเรียน: ของเหลวและของแข็ง)

4.4 หากพิจารณาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เพราะเหตุใดมวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาและมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยาจึงเท่ากัน

(นักเรียน: สารไม่สูญหายออกสู่สิ่งแวดล้อม, ไม่มีแก๊สเกิดขึ้น)

4.5 ครูอธิบายว่า จากการทดลองดังกล่าวปฏิกิริยาเคมีที่ไม่มีสารในสถานะแก๊สเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาจัดเป็นระบบปิดแม้ว่าจะทำปฏิกิริยาในภาชนะเปิดก็ตาม จะไม่มีการถ่ายเทมวลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นมวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา ถ้าครูสาธิตการทดลองในปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ จะให้ผลเช่นเดียวกันนี้หรือไม่ จากนั้นครูสาธิตการทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีแก๊สเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา

5. ครูสาธิตการทดลองปฏิกิริยาระหว่างโลหะสังกะสี (Zn) กับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 โดยครูเติมผงสังกะสีลงในขวดรูปชมพู่ที่วางอยู่บนเครื่องชั่งสาร จากนั้นนำหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายกรดไฮโดรคลอริกประมาณ 20 ml ใส่ลงในขวดรูป โดยครูให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ และบันทึกมวลสารก่อนทำปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1

(นักเรียน: บันทึกสิ่งที่สังเกตได้ และบันทึกมวลสารก่อนทำปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1)

6. ครูเอียงขวดรูปชมพู่ให้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกในหลอดทดลองไหลออกมาทำปฏิกิริยากับผงสังกะสีในขวดรูปชมพู่ แล้วให้นักเรียนบันทึกมวลสารหลังทำปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 1 ครูถามคำถามนักเรียน ดังนี้

6.1 นักเรียนสังเกตอะไรได้บ้าง

(นักเรียน: มวลรวมก่อนเกิดปฏิกิริยาและหลังเกิดปฏิกิริยาไม่เท่ากัน, มีฟองแก๊สเกิดขึ้น)

6.2 นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีแก๊สเกิดขึ้นในปฏิกิริยา

(นักเรียน: เกิดฟองในสารละลาย)

6.3 ครูให้นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยา

(นักเรียน: $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \longrightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$)

6.4 สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีสถานะอะไรบ้าง

(นักเรียน: ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส)

6.5 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดมวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาและมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยาจึงไม่เท่ากัน

(นักเรียน: แก๊สที่เกิดขึ้นระเหยออกไปสู่สิ่งแวดล้อม)

6.6 ครูอธิบายว่า จากการทดลองดังกล่าวปฏิกิริยาเคมีมีสารที่มีสถานะแก๊ส

เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา นั่นคือเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสถานะแก๊ส ดังนั้นหากทำการทดลองในระบบเปิด แก๊สจะเกิดการระเหยออกสู่สิ่งแวดล้อมส่งผลให้มวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาไม่เท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา แต่ถ้าทำการทดลองในระบบปิดแก๊สที่เกิดขึ้นจะไม่เกิดการถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นในระบบปิดมวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาจึงเท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา ซึ่งเรียกว่า กฎทรงมวล นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้นเราจะได้เรียนรู้กันในระดับโมเลกุล

ขั้นที่ 2 สืบหาและจินตนาการ (20 นาที)

1. ครูตั้งคำถามเพื่อชี้แนะให้นักเรียนจินตนาการถึงการจัดเรียงอะตอมในสารแต่ละชนิดจากการทดลองปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH และ ปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl

1.1 CuSO_4 NaOH หรือ HCl นั้นอยู่ในรูปโมเลกุล ใน 1 โมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของธาตุกี่ชนิดและจะมีการจัดเรียงอะตอมอย่างไร และ Zn เป็นโลหะแต่ละอะตอมจะอยู่อย่างไร

1.2 สารทั้ง 3 สถานะ ได้แก่ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มีพลังงานจลน์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

2. ครูให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์แทนตัวแทนความคิดที่แสดงโมเลกุลของสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH

(นักเรียน: กำหนดตัวแทนความคิดเพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.1.1)

3. ครูให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด ลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.1.2 โดยตั้งประเด็นคำถามแนะแนวทางดังต่อไปนี้

3.1 ก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาสารในภาชนะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

3.2 มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

3.3 ให้นักเรียนระบุมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาที่สังเกตได้จากการทดลอง

4. ครูให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์แทนตัวแทนความคิดที่แสดงโมเลกุลของสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับสารละลายกรด HCl

(นักเรียน: : กำหนดตัวแทนความคิดเพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาลงในแบบ

บันทึกกิจกรรมในรูปแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.2.1)

5. ครูให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด ลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 2.2.2 โดยตั้งประเด็นคำถามแนะแนวทางดังต่อไปนี้

5.1 ก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาสารในภาชนะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

5.2 มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

5.3 ให้นักเรียนระบุมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาที่สังเกตได้

จากการทดลอง

6. ครูให้นักเรียนปรึกษาและร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มว่าตัวแทนความคิดของกลุ่มตนเองนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ครูได้นำเสนอไปก่อนหน้านี้ได้หรือไม่

7. ครูให้นักเรียนตั้งคำถามและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม แล้วนำมาสรุปความรู้หลังการทำกิจกรรมในรูปแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ โดยครูชี้แนะแนวทางด้วยคำถามให้นักเรียนได้สังเกตในประเด็นดังต่อไปนี้

7.1 จำนวนอะตอมของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

7.2 มวลรวมของสารก่อนทำปฏิกิริยาและมวลรวมของสารหลังทำปฏิกิริยาเป็นอย่างไร

7.3 นักเรียนจะอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้อย่างไร

ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนตรวจสอบตัวแทนความคิดของกลุ่มตนเอง และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลว่าสามารถอธิบายการทดลองที่ครูสาธิต หรือมีความแตกต่างกันอย่างไร

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเองกับเพื่อนในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด

3. ครูสุมนักเรียนตัวแทนกลุ่ม 1-2 กลุ่ม เพื่อมานำเสนอตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการทดลองที่ครูสาธิต

4. ครูเขียนสิ่งที่นักเรียนตัวแทนกลุ่มได้นำเสนอ และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่ม

5. ครูให้โอกาสนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ได้เสนอประเด็นความแตกต่างนอกเหนือจากที่เพื่อนได้นำเสนอ แล้วเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงไป

6. ครูนำนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าตัวแทนความคิดที่ถูกต้องควรเป็นอย่างไร และสามารถอธิบายกฎทรงมวลได้อย่างไร ตัวแทนความคิดกลุ่มใดสามารถอธิบายได้ดีที่สุด

7. ครูให้นักเรียนปรับปรุงใบกิจกรรมของตนเองให้ถูกต้อง โดยครูเดินไปช่วยตรวจดูและให้คำแนะนำนักเรียนแต่ละคน

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎทรงมวล โดยใช้คำถามต่อไปนี้

8.1 นักเรียนคิดว่าเหตุใดในภาชนะเปิดที่มีแก๊สเกิดขึ้น มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาจึงไม่เท่ากัน

(นักเรียน: เพราะแก๊สจะมีการถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อมเมื่อเป็นระบบเปิด, เพราะแก๊สเบา)

8.2 ครูอธิบายว่าการทดลองที่ทำในภาชนะเปิดและมีแก๊สเกิดขึ้นในปฏิกิริยาจัดเป็นระบบเปิด ดังนั้นแก๊สมีการถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม

8.3 ครูตั้งคำถามว่า มวลรวมของสารก่อนและหลังทำปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเคมีที่มีไม่มีการถ่ายเทมวลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม กับปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายเทมวลสารออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นอย่างไร

(นักเรียน: มวลรวมก่อนเกิดปฏิกิริยาและหลังเกิดปฏิกิริยาเท่ากันในปฏิกิริยาเคมีที่ไม่มีการถ่ายเทมวลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม ส่วนในปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายเทมวลสารออกสู่สิ่งแวดล้อมนั้นมวลรวมของสารก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาจะไม่เท่ากัน)

8.4 ครูกล่าวว่า อองตวน โลรอง ลาวัซีเยร์ (Antoin-Laurent Lavoisier)

นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการทดลองในระบบปิด ผลการทดลองพบว่ามวลของสารทั้งหมดก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลของสารทั้งหมดหลังเกิดปฏิกิริยา และเขาทดลองทำหลายๆ ครั้งก็ได้ผลเช่นเดิม จึงสรุปเป็นกฎเรียกว่า กฎทรงมวล

8.3 ผลการทดลองจะสอดคล้องกับกฎทรงมวลได้เมื่อปฏิกิริยาเคมีเป็นอย่างไร

(นักเรียน: เมื่อปฏิกิริยาเคมีนั้นเป็นระบบปิด)

9. ครูอธิบายเพิ่มเติมเพื่อสรุปกิจกรรมว่าจากการทดลองที่ครูสาธิต ในการทดลองที่ไม่มีแก๊สเกี่ยวข้องในปฏิกิริยา นั่นคือปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH นั้นแม้ว่าจะเป็นภาชนะเปิด แต่ผลการทดลองก็เป็นไปตามกฎทรงมวลเพราะมวลสารเกิดการถ่ายเทออกนอกภาชนะ ดังนั้นการพิจารณาว่าระบบใดเป็นระบบปิดหรือระบบเปิดนั้นจะพิจารณาจากการถ่ายเทมวลของระบบ

กับสิ่งแวดลอม โดยไม่ขึ้นอยูกับการปิดหรือเปิดภาชนะ ส่วนในปฏิกิริยาระหวาง Zn กับ HCl จะมีแก๊สเกิดขึ้นในปฏิกิริยา หากทำการทดลองในระบบเปิดแก๊สจะถายเทออกสูสิ่งแวดลอม ทำให่มวลสารกอนเกิดปฏิกิริยาไม่เทากับมวลสารหลังเกิดปฏิกิริยา จึงไม่เป็นไปตามกฎทรงมวล

ขั้นที่ 4 ประเมินผล (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนทางความคิด และออกแบบตัวแทนความคิดเพื่อใช้อธิบาย และแก้ปัญหาโจทย์ที่กำหนดให้ แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3.1.1
2. ครูนำอภิปรายว่าในการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นไปตามกฎทรงมวลนี้ สามารถคำนวณได้ในแนวคิดที่ว่า

มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา = มวลของสารหลังทำปฏิกิริยา

3. นักเรียนแสดงวิธีทำการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นไปตามกฎทรงมวลในแบบบันทึกกิจกรรมตอนที่ 3.1.2 และ 3.2

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน (รวบยอด)

แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง กฎทรงมวล

8. สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้

1. วัสดุและอุปกรณ์ในการสาธิตการทดลอง
 - 1.1 เครื่องชั่งสาร
 - 1.2 ขวดรูปชมพู่
 - 1.3 หลอดทดลอง
 - 1.4 สารเคมี ได้แก่ (II)ซัลเฟต, สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และผงสังกะสี
2. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โดย สสวท.

9. การวัดและการประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด และประเมินผล	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ด้านความรู้	ตรวจแบบฝึกหัด	แบบฝึกหัด	ปฏิบัติกิจกรรมได้ ถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 75
ด้านทักษะ กระบวนการ	การอภิปรายผล	การสังเกต	ปฏิบัติกิจกรรมได้ ถูกต้องอย่างน้อยร้อยละ 75
ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์	สังเกตการร่วม กิจกรรม	แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์	พฤติกรรมผ่านเกณฑ์ ระดับคุณภาพดี

แบบบันทึกกิจกรรม เรื่องที่ 2 กฎทรงมวล

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

ตอนที่ 1 สิ่งที่เกิดขึ้นได้จากปรากฏการณ์

คำชี้แจง: 1.ให้นักเรียนต่อตัวต่อแสดงปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH แล้วบันทึกผลการสังเกตลงในตารางบันทึกผลการสังเกต

2.ให้นักเรียนสังเกตการทดลองที่ครูสาธิต คือ ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย Zn กับ HCl แล้วบันทึกผลการสังเกตลงในตารางบันทึกผลการสังเกต

ตารางบันทึกผลการสังเกต

การทดลองบนเครื่องชั่งสาร	สิ่งที่สังเกตได้
ปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH สมการเคมี : $\text{CuSO}_4 \dots + 2\text{NaOH} \dots \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \dots + \text{Na}_2\text{SO}_4 \dots$	ในภาชนะเปิด มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา:g มวลของสารหลังทำปฏิกิริยา:g ประเภทของระบบ: ในภาชนะปิด มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา:g มวลของสารหลังทำปฏิกิริยา:g ประเภทของระบบ:

การทดลองบนเครื่องชั่งสาร	สิ่งที่สังเกตได้
ปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl สมการเคมี : $\text{Zn} \dots + 2\text{HCl} \dots \rightarrow \text{ZnCl}_2 \dots + \text{H}_2 \dots$	ในภาชนะเปิด มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา:g มวลของสารหลังทำปฏิกิริยา:g ประภาพของระบบ: ในภาชนะปิด มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา:g มวลของสารหลังทำปฏิกิริยา:g ประภาพของระบบ:

ตอนที่ 2 ภาพตัวแทนทางความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์

2.1 ปฏิกิริยาระหว่าง CuSO_4 กับ NaOH

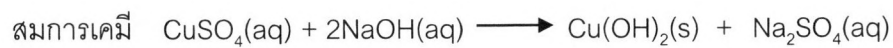
2.1.1 กำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนทางความคิด

คำชี้แจง: ให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนความคิดเพื่อใช้แทนสารประกอบ

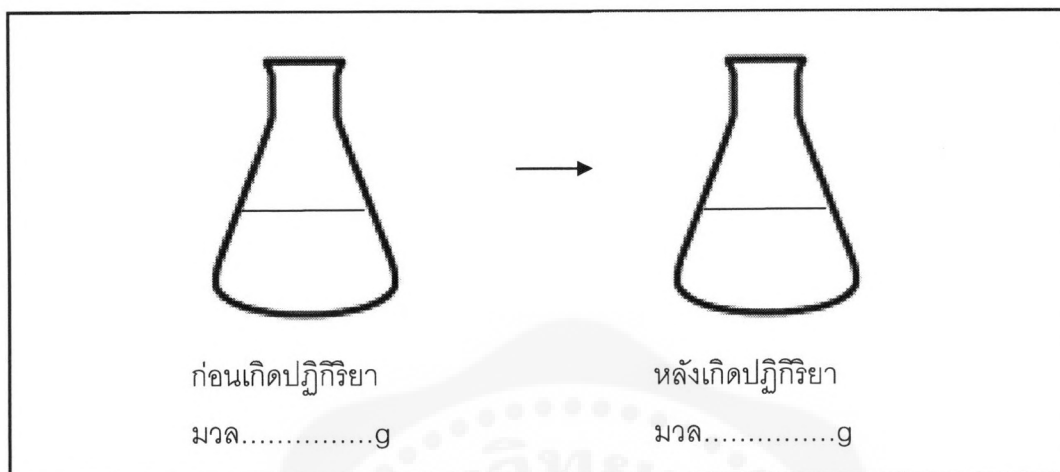
$\text{CuSO}_4(\text{aq})$, $\text{NaOH}(\text{aq})$, $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$ และ $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

2.1.2 ตัวแทนทางความคิดในระดับอะตอม

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด



ระบบปิด



อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

.....

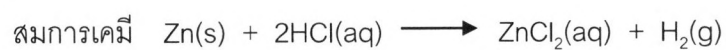
2.2 ปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl

2.2.1 กำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนทางความคิด

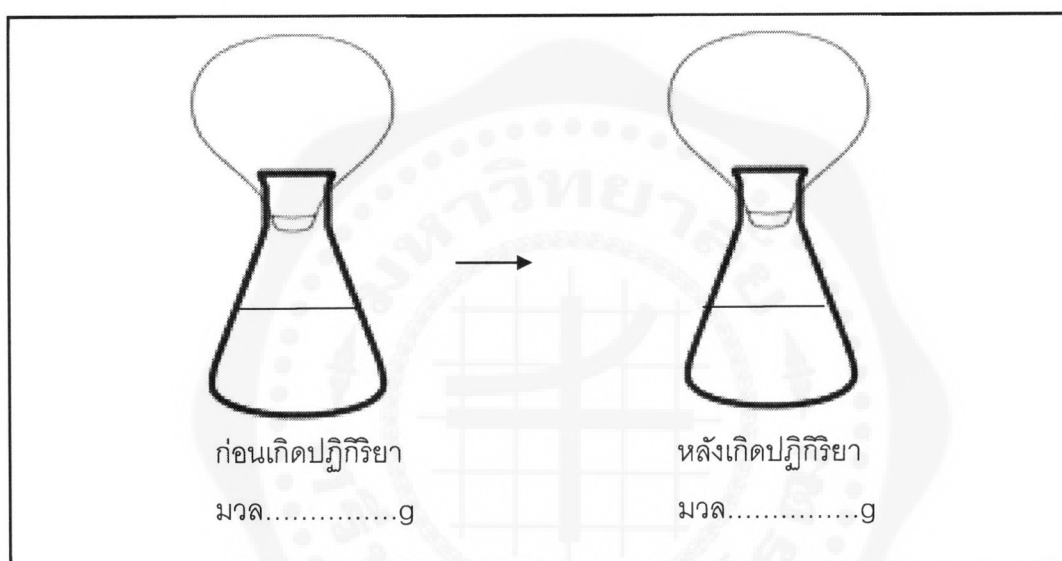
คำชี้แจง: ให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนความคิดเพื่อใช้แทน $\text{Zn}(\text{s})$, $\text{HCl}(\text{aq})$, $\text{ZnCl}_2(\text{aq})$ และ $\text{H}_2(\text{g})$

2.2.2 ตัวแทนทางความคิดในระดับอะตอม

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาระหว่าง Zn กับ HCl และระบุตำแหน่งของสารในภาพที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบการวาดภาพโดยละเอียด



ระบบปิด



อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ประยุกต์ความรู้

3.1 นำโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) 124 กรัม มาทำปฏิกิริยากับแบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) 198 กรัม เกิดผลิตเป็นโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) หากการทดลองพบว่ามีโซเดียมคลอไรด์เกิดขึ้น 110 กรัม จะเกิดแบเรียมซัลเฟตกี่กรัม

คำชี้แจง: 3.1.1 ให้นักเรียนกำหนดสัญลักษณ์ตัวแทนทางความคิด และออกแบบตัวแทน



ความคิดเพื่อใช้อธิบาย และแก้ปัญหาโจทย์ที่กำหนดให้

3.1.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณเพื่อแก้ปัญหาโจทย์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 เมื่อเผาแมกนีเซียม 4.2 กรัม ในแก๊สออกซิเจน 1.6 กรัม ปรากฏว่าหลังเกิดปฏิกิริยามีผลิตภัณฑ์เป็นแมกนีเซียมออกไซด์เกิดขึ้น 4.0 กรัม หากทำการทดลองในระบบปิด จะมีสารใดเหลือ และเหลือกี่กรัม

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณเพื่อแก้ปัญหาโจทย์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ชื่อ ชั้น เลขที่

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

ตอนที่ 1 คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
3. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที

1. จงหามวลของแคลเซียม (Ca) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับออกซิเจน (O_2)หนัก 6.4 กรัม แล้วเกิดสารประกอบออกไซด์ (CaO) เพียงอย่างเดียว หนัก 22.4 กรัม ในภาชนะปิด

- ก. 16.0 กรัม ข. 20.2 กรัม ค. 6.4 กรัม ง. 28.8 กรัม

2. การทำการทดลองเพื่อให้เป็นไปตามกฎทรงมวลนั้น จะต้องพิจารณาเรื่องใดเป็นพิเศษ

- ก. การควบคุมการถ่ายเทมวลสารระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม
 ข. การควบคุมการถ่ายเทพลังงานระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม
 ค. ตัวเร่งปฏิกิริยา
 ง. ปริมาณสารตั้งต้นที่ใช้

3. นำผงโลหะชนิดหนึ่งมวล 5.6 กรัม มาทำปฏิกิริยากับกำมะถันในภาชนะปิด พบว่าได้สารประกอบซัลไฟด์มวล 8.8 กรัม ถ้าทำการทดลองโดยเพิ่มปริมาณผงโลหะเป็น 28.0 กรัม ให้เป็นสารประกอบซัลไฟด์ทั้งหมด จะต้องใช้กำมะถันอย่างน้อยกี่กรัม

- ก. 3.2 กรัม ข. 8.8 กรัม ค. 16.0 กรัม ง. 44.0 กรัม

4. นำสาร A, B, C, D ที่ละชนิดไปเผาที่อุณหภูมิ 300°C ให้ผลดังตาราง

สาร	มวลรวมของสารก่อนเผา (กรัม)	มวลรวมของสารหลังเผา (กรัม)
A	100.00	88.63
B	75.12	75.11
C	25.00	16.50
D	36.05	36.05

ผลการเผาสารใดเป็นไปตามกฎทรงมวล

ก. A, B

ข. A, D

ค. B, D

ง. C, D

5. ภายใต้อุณหภูมิและความดันค่าหนึ่ง แก๊สแอมโมเนีย 1 dm^3 มีจำนวนโมเลกุล 2.4×10^{22} โมเลกุล ภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกันนี้ แก๊สมีเทน 1 dm^3 จะมีกี่โมเลกุล

ก. 2.4×10^{22}

ข. 2.4×10^{23}

ค. 1.2×10^{11}

ง. 1.2×10^{22}

6. เมื่อเผาผงสังกะสี (Zn)หนัก 7.2 กรัม ในออกซิเจน (O_2) 1.6 กรัม ปรากฏว่ามีแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เกิดขึ้นหนัก 8.1 กรัม ถ้าปฏิกิริยานี้เป็นไปตามกฎทรงมวล จะมีสังกะสีเหลือกี่กรัม

ก. 0.7 กรัม

ข. 7.0 กรัม

ค. 5.6 กรัม

ง. 6.5 กรัม

7. แก๊สชนิดหนึ่งมีสูตรทางเคมี C_xH_y ถ้านำสารประกอบนี้มา 40 cm^3 ทำปฏิกิริยากับแก๊ส O_2 200 cm^3 พบว่าเกิดแก๊ส CO_2 120 cm^3 และ H_2O 120 cm^3 ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน หลังเกิดปฏิกิริยามีแก๊ส O_2 เหลือ 20 cm^3 จงหาสูตรโมเลกุลของแก๊สชนิดนี้

ก. CH_4

ข. C_2H_4

ค. C_3H_6

ง. C_4H_8

8. จงพิจารณาว่าในข้อใดเป็นระบบปิดเสมอ ไม่ว่าจะทดลองในภาชนะปิดหรือภาชนะเปิดก็ตาม

ก. ไข่แผ่นทองแดง (Cu) ลงในกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

ข. การเผาไหม้เชื้อเพลิง

ค. ละลายเกลือแกง (NaCl) ในน้ำ

ง. หยดกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ลงในหินปูน (CaCO_3)

9. จากการวิเคราะห์สารประกอบ XY พบว่าประกอบด้วยอัตราส่วนโดยมวลของ $X : Y = 8 : 3$ ถ้านำ X มา 56.0 กรัม จะต้องใช้ Y กี่กรัมจึงจะทำปฏิกิริยาพอดีกัน

- ก. 77.0 กรัม ข. 21.0 กรัม ค. 18.0 กรัม ง. 11.0 กรัม

10. สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุ S และ O โดยมี S 40% โดยมวล ถ้านำ S มา 9 กรัม และ O_2 มา 12 กรัม ทำปฏิกิริยากันในระบบปิด จะได้สารประกอบนี้อย่างมากที่สุดกี่กรัม

- ก. 22 กรัม ข. 21 กรัม ค. 20 กรัม ง. 19 กรัม

11. ในการทดลองการเกิดน้ำ แก๊สไฮโดรเจน 20 cm^3 จะทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจน 10 cm^3 หากในอุตสาหกรรมใช้แก๊สไฮโดรเจน 40 dm^3 จะต้องใช้แก๊สออกซิเจนปริมาตรเท่าใดจึงจะทำปฏิกิริยาพอดีกัน

- ก. 40 dm^3 ข. 30 dm^3
ค. 20 dm^3 ง. 10 dm^3

12. พิจารณาปฏิกิริยา $2A(s) \longrightarrow 2B(s) + C(g)$

ถ้าสาร Aหนัก 60 กรัม สลายตัวให้แก๊ส C ปริมาตร 5.6 dm^3 ที่ STP จงหามวลโมเลกุลของสาร A

- ก. 120 ข. 100 ค. 60 ง. 44

13. จากสมการที่กำหนดให้



ถ้าใช้ O_2 จำนวน 64 กรัม ทำปฏิกิริยากับ $C_5H_{10}O_2$ ที่มากเกินไป จะได้ CO_2 กี่ลิตร ที่ STP

- ก. 11.20 dm^3 ข. 18.38 dm^3
ค. 22.40 dm^3 ง. 34.46 dm^3

14. การทดลองภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ให้ผลการทดลองดังตาราง ข้อใดถูกต้อง

การทดลองที่	ผลการวัดปริมาตรแก๊ส
1	$\text{N}_2 \text{ 1 cm}^3 + \text{O}_2 \text{ 1 cm}^3 \longrightarrow \text{NO 2 cm}^3$
2	$\text{N}_2 \text{ 1 cm}^3 + \text{H}_2 \text{ 3 cm}^3 \longrightarrow \text{NH}_3 \text{ 2 cm}^3$
3	$\text{H}_2 \text{ 2 cm}^3 + \text{O}_2 \text{ 1 cm}^3 \longrightarrow \text{H}_2\text{O 2 cm}^3$
4	$\text{H}_2 \text{ 1 cm}^3 + \text{Cl}_2 \text{ 1 cm}^3 \longrightarrow \text{HCl 2 cm}^3$

ก. สารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุต่างๆรวมกันโดยมีอัตราส่วนจำนวนอะตอมเป็นเลขลงตัวน้อยๆ

ข. ปริมาตรรวมของแก๊สก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับปริมาตรรวมของแก๊สหลังเกิดปฏิกิริยา

ค. เมื่อวัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ปริมาตรของแก๊สที่เข้าทำปฏิกิริยาพอดีกันจะเปรียบเทียบกันได้เป็นอัตราส่วนลงตัวน้อยๆ

ง. ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน

15. ในการเตรียมยูเรีย $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ดังสมการ



ถ้าใช้ NH_3 52 กรัม ทำปฏิกิริยากับแก๊ส CO_2 33.6 dm^3 ที่ STP จะได้ยูเรียกี่กรัม

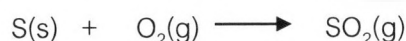
ก. 26.0 กรัม

ข. 60.0 กรัม

ค. 90.0 กรัม

ง. 91.76 กรัม

16. ปฏิกิริยาระหว่างกำมะถันกับแก๊สออกซิเจน เป็นดังสมการ



ถ้าหลังเกิดปฏิกิริยามีแก๊ส SO_2 เกิดขึ้น 78.4 dm^3 ที่ STP จะต้องใช้ S กี่อะตอม

ก. 6.02×10^{23}

ข. 1.22×10^{24}

ค. 2.11×10^{24}

ง. 2.48×10^{24}

17. จากสมการ $2\text{M} + 3\text{F}_2 \longrightarrow 2\text{MF}_3$

ถ้าใช้ M 2 โมล ทำปฏิกิริยากับ F_2 120 กรัม จะเกิด MF_3 176 กรัม จงหามวลโมเลกุล M

(F=19)

ก. 70

ข. 31

ค. 27

ง. 23

18. กำหนดสมการปฏิกิริยาการเผา HgO เป็นดังนี้



ถ้าเผา HgO จนสลายหมดได้แก๊ส O_2 จำนวน 0.3 โมล มวลของ HgO ที่ใช้เป็นกี่กรัม (O=16, Hg=200.6)

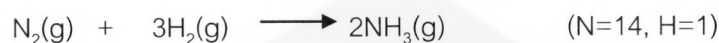
ก. 129.96 กรัม

ข. 216.6 กรัม

ค. 40.08 กรัม

ง. 20.06 กรัม

19. เมื่อนำแก๊ส N_2 6 โมล มาทำปฏิกิริยากับแก๊ส H_2 6 โมล เมื่อเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์แล้ว ดังสมการ



ข้อสรุปใดถูกต้อง

ก. จะเกิดแก๊ส NH_3 204 กรัม

ข. จะใช้แก๊ส N_2 ไป 6 โมล

ค. แก๊ส H_2 จะทำปฏิกิริยาหมดไป

ง. จะเกิดแก๊ส NH_3 12 โมล

20. เมื่อเผาโลหะเงิน 25.4 กรัม กับผงซัลเฟอร์ 32 กรัม จะมีธาตุใดเหลือจากปฏิกิริยา และเหลือกี่กรัม (Cu=63.5, S=32)



ก. Cu เหลือ 19.2 กรัม

ข. Cu เหลือ 12.8 กรัม

ค. S เหลือ 19.2 กรัม

ง. S เหลือ 12.8 กรัม

ตอนที่ 2 แบบทดสอบวัดมโนคติ

คำชี้แจง

- แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 15 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน คือ
ส่วนที่ 1 เป็นการถามความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเลือก 2 ตัวเลือก ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
ส่วนที่ 2 เป็นการถามเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามในส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตอบคำถามในส่วนที่ 1
- ให้ทำข้อสอบให้ครบทุกข้อทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ในแต่ละข้อ หากทำไม่ครบจะหักข้อคำถามละ 1 คะแนน
- ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที

1. นำสารประกอบ 2 ตัวอย่างมาทำการทดสอบ พบว่าสารตัวอย่างที่ 1 ประกอบด้วยไฮโดรเจน 15.0 กรัม และออกซิเจน 120.0 กรัม ส่วนสารตัวอย่างที่ 2 ประกอบด้วยไฮโดรเจน 3.0 กรัม และออกซิเจน 24.0 กรัม สารประกอบทั้ง 2 ตัวอย่างนี้เป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่

- เป็นสารชนิดเดียวกัน
- เป็นสารต่างชนิดกัน

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

2. บรรจุแก๊สในลูกโป่งขนาด 1 ลิตร พบว่าสามารถบรรจุแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ได้ n โมเลกุล หากวัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ลูกโป่ง 1 ลิตรนี้จะสามารถบรรจุแก๊สฮีเลียม (He) ได้กี่อะตอม

- n อะตอม
- $2n$ อะตอม

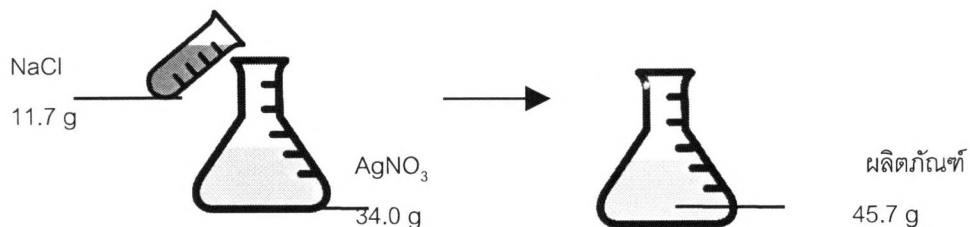
จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

3. จากการทดลองเมื่อผสมสารละลาย NaCl 11.7 กรัม กับสารละลาย AgNO_3 34.0 กรัม เมื่อสารละลายทั้งสองทำปฏิกิริยาพอดีกัน เกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 45.7 กรัม การทดลองนี้สอดคล้องกับกฎทรงมวลหรือไม่



- ก. สอดคล้องกับกฎทรงมวล
ข. ไม่สอดคล้องกับกฎทรงมวล

จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

.....

4. ในระบบปิด ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับออกซิเจน เกิดเป็นสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ นำแมกนีเซียมมาจำนวนหนึ่ง ทำปฏิกิริยาพอดีกับออกซิเจน 16.0 กรัม เกิดแมกนีเซียมออกไซด์หนัก 40.3 กรัม แมกนีเซียมที่ใช้หนักกี่กรัม

- ก. 16.0 กรัม
ข. 24.3 กรัม

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

5. เมื่อนำธาตุ A 20 กรัม กับธาตุ B 34 กรัม เกิดสารประกอบ AB 54 กรัม เมื่อนำสารประกอบ AB มาวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วยธาตุ A อยู่ร้อยละ 37 โดยมวล การทดลองนี้เป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่หรือไม่

ก. ใช่

ข. ไม่ใช่

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

.....

6. หากทำการทดลองในระบบปิด นำแคลเซียม 20.0 กรัม มาเผากับออกซิเจน 18.0 กรัม เกิดสารประกอบแคลเซียมออกไซด์เพียงชนิดเดียวหนัก 36.0 กรัม และมีออกซิเจนเหลือ 2.0 กรัม การทดลองนี้เป็นไปตามกฎทรงมวลหรือไม่

ก. ใช่

ข. ไม่ใช่

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

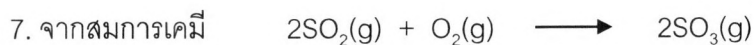
.....

.....

.....

.....

.....



ถ้าใช้ SO_2 จำนวน 1 โมล ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่มากเกินไป จะเกิด SO_3 กี่โมล

ก. 1 โมล

ข. 2 โมล

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

8. กำหนดให้แก๊สทุกชนิดวัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ในภาชนะบรรจุแก๊ส O_2 ปริมาตร 22.4 ลิตร พบว่ามีแก๊ส O_2 จำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล หากนำแก๊ส N_2 มาจำนวน 12.04×10^{23} โมเลกุล จะมีปริมาตรกี่ลิตร

ก. 22.4 ลิตร

ข. 44.8 ลิตร

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

9. แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) เกิดดังสมการ $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$

ถ้าใช้ N_2 จำนวน 1 โมล ทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนที่มากเกินไป จะเกิด NH_3 กี่โมเลกุล

ก. 2 โมเลกุล

ข. $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

.....

10. กำหนดสมการเคมี $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

หากนำ NH_3 จำนวน 5 โมล ทำปฏิกิริยากับ O_2 จำนวน 5 โมล สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

ก. NH_3

ข. O_2

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

.....

11. การผลิตโอโซน (O_3) เตรียมได้จาก $O_2(g) \longrightarrow O_3(g)$ (สมการยังไม่ดุล)

ถ้านำแก๊สออกซิเจนมา 3 โมล จะเกิดแก๊สโอโซนกี่โมล

ก. 2 โมล

ข. 3 โมล

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

.....

12. กำหนดให้แก๊สทุกชนิดวัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊ส H_2 ปริมาตร 44.8 ลิตร มีจำนวน 12.04×10^{23} โมเลกุล ถ้าแก๊ส N_2 จำนวน 12.04×10^{23} โมเลกุล นี้จะมีปริมาตรกี่ลิตร

ก. 22.4 ลิตร

ข. 44.8 ลิตร

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

.....

.....

.....

.....

.....

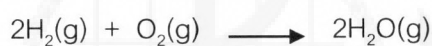
13. น้ำประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิดคือไฮโดรเจนและออกซิเจน จากการวิเคราะห์พบว่า มีอัตราส่วนโดยมวลระหว่าง $H : O = 1 : 8$ หากมีออกซิเจน 32 กรัม จะต้องใช้ไฮโดรเจนกี่กรัมจึงจะทำปฏิกิริยาพอดีกัน

- ก. 4 กรัม
- ข. 8 กรัม

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม

[illegible]

14. จากปฏิกิริยาเคมี



ถ้า นำ H_2 และ O_2 มาอย่างละ 44.8 ลิตร จะเกิดน้ำกี่โมล

- ก. 2 ไมล์
ข. 4 ไมล์

จงอธิบายเหตุผล หรือแสดงวิธีทำที่ใช้ในการตอบคำถาม





ภาคผนวก จ

หนังสือขอเชิญพิจารณาเค้าโครงปฏิญญานิพนธ์



คำสั่งมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ที่ 568/2561

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณา/สอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์

เพื่อให้การทำปริญญานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ จึงอาศัยอำนาจตามความใน มาตรา 29 และมาตรา 34 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ.2559 และคำสั่งมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ที่ 2410/2559 ลงวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2559 เรื่อง การมอบอำนาจของอธิการบดีให้ผู้บริหาร ปฏิบัติการแทน แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณา/สอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ของ นางสาวชฎาวรรณ สุขัมศรี รหัส ประจำตัว 58199110155 หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ดังนี้

- | | | |
|------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยรัตน์ | ครบถ้วนจิต | ประธาน |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มะยูโซ๊ะ | กุนโน | กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก) |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นวลละออ | รัตนวิมานวงศ์ | กรรมการ |
| 4. อาจารย์ ดร. ฐิติรัตน์ | แม่นัฒน | กรรมการ |
| 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะดา | จิตรตังประเสริฐ | กรรมการและเลขานุการ |

กำหนดพิจารณาเค้าโครงปริญญานิพนธ์ วันที่ 24 เมษายน 2561 เวลา 13.00 น. สถานที่สอบ อาคาร 15 ห้อง 926

คณะกรรมการมีหน้าที่ดังนี้

1. พิจารณาความรู้ความสามารถของนิสิตในการเสนอเค้าโครงปริญญานิพนธ์ โดยประเมิน ความสำคัญ และที่มาของการทำวิจัย การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ความเหมาะสมของกระบวนการทำวิจัย ความเป็นไปได้ของการทำวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ตลอดจน การนำเสนอและตอบคำถาม
2. ประธานกรรมการทำหน้าที่ควบคุมการสอบให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ว่าด้วยการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ. 2554 สรุปผลการพิจารณาตามมติของคณะกรรมการสอบ พร้อมส่งรายงานผลการพิจารณาฯ (บว.412)และเค้าโครงปริญญานิพนธ์ที่ได้รับการแก้ไขตาม คำแนะนำของกรรมการ (ถ้ามี) ให้กับบัณฑิตวิทยาลัยภายใน 15 วันทำการหลังสอบ
3. ประธานกรรมการ และกรรมการ ติดตามการแก้ไขเค้าโครงปริญญานิพนธ์ตามคำแนะนำของกรรมการสอบ (ถ้ามี) และควบคุมการจัดทำรูปเค้าโครงปริญญานิพนธ์ให้เป็นไปตามรูปแบบที่บัณฑิตวิทยาลัยกำหนด

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ 24 เดือน เมษายน พ.ศ. 2561 เป็นต้นไปจนเสร็จสิ้นหน้าที่ของกรรมการเมื่อนิสิตสำเร็จ การศึกษา

สั่ง ณ วันที่ 7 เดือน เมษายน พ.ศ. 2561

ศาสตราจารย์ ดร. เอกปัญญาสกุล

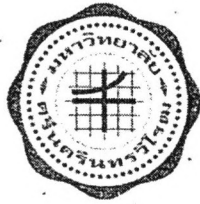
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ภาคผนวก จ

หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย



ที่ ศร 6918/ 1394

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

11 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เนื่องด้วย นางสาวชฎาวรรณ สุขัมศรี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะยูโซ๊ะ กูโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา คุณากาญจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับ รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา คุณากาญจน์ แล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0 2649 5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 085 614 8782

ที่ ศธ 6918/ 1๙๙๙



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

๒๒ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษา เขต 36

เนื่องด้วย นางสาวชฎาวรรณ สุขัมศรี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยุรีเสะ ภูโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นางวิไล พรหมชาติแก้ว (ครูชำนาญการพิเศษ) เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับ นางวิไล พรหมชาติแก้ว (ครูชำนาญการพิเศษ) แล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0 2649 5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 085 614 8782



ที่ ศร 6918/ ๒๕๖๑

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

๑๑ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

เนื่องด้วย นางสาวชฎาวรรณ สุขัมศรี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยุรีใช้ กุโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นางสาวธัญญา คงทน (ครูชำนาญการ) เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับ นางสาวธัญญา คงทน (ครูชำนาญการ) แล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0 2649 5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 085 614 8782



ภาคผนวก ซ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อใช้เครื่องมือการวิจัย

ที่ ศธ 6918/ 1354



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

๒๑ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขออนุญาตขอทราบข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเม็กรายมหาราชวิทยาคม

เนื่องด้วย นางสาวชฎาวรรณ สุขัมศรี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะยูไซะ ภูโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ นิสิตขออนุญาตขอทราบข้อมูล โดยใช้แบบทดสอบ เรื่อง “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง “ปริมาณสัมพันธ์” และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง “ปริมาณสัมพันธ์” กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้องเรียน เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัย และขอใช้สถานที่ของท่าน ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2561 ถึงเดือนมิถุนายน 2561 ทั้งนี้ นิสิตจะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาขออนุญาตขอให้ นางสาวชฎาวรรณ สุขัมศรี เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพงศ์ วัฒนานนท์สกุล)

รองคณบดีฝ่ายบริหารและวางแผน รักษาการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0 2649 5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 085 614 8782

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ชฎาวรรณ สุขัมศรี
วัน เดือน ปี เกิด	2 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2535
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2549 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จังหวัดเชียงราย พ.ศ. 2552 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จังหวัดเชียงราย พ.ศ. 2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขา เคมี จากมหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2558-ปัจจุบัน กำลังศึกษา การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ที่อยู่ปัจจุบัน	693/3 หมู่ 24 ถ.สันโค้งหลวง ต.รอบเวียง อ.เมือง จ.เชียงราย 57000

