



การพัฒนาความเข้าใจมนต์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุล
ของสารโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น
ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชาลี มีวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



DEVELOPMENT OF CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF COVALENT
BONDING AND MOLECULAR SHAPES OF COVALENT COMPOUNDS
BY USING 5E INQUIRY LEARNING INCORPORATED
WITH PHYSICAL MODELS FOR GRADE 10 STUDENTS

CHALEE MEEWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2018
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาความเข้าใจโมเดล เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์
ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย นายชาติ มีวงศ์

คณะกรรมการสอบ

ดร.สนธิ พลชัยยา

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร

กรรมการ

ดร.สุภาพ ตาเมือง

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชรีดา ปุกหุต)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย การเขียนรายงานวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยแก่ผู้วิจัย มาโดยตลอด ขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความรู้ และสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พร้อมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่า และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย จนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านไปด้วยดี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาในระดับปริญญาโท ในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครู และบุคลากรทางการศึกษา โรงเรียนตุมพิตยานุสรณ์ ตำบลตุม อำเภอปรางค์กู๋ จังหวัดศรีสะเกษ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการวิจัย และขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดียิ่งตลอดจนขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้เสมอมา

ชาลี มีวงศ์

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

- เรื่อง : การพัฒนาความเข้าใจโน้มนำ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- ผู้วิจัย : ชาลี มีวงศ์
- ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
- สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร
- คำสำคัญ : พันธะโคเวเลนต์, รูปร่างโมเลกุล, การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น, แบบจำลองเชิงกายภาพ, ความเข้าใจโน้มนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจโน้มนำ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ โดยมีกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน จากโรงเรียนตุมพิตยานุสรณ์ จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับจำลองเชิงกายภาพ จำนวน 12 ชั่วโมง และเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจโน้มนำแบบวินิจัยสองลำดับขั้น จำนวน 20 ข้อ โดยนักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้มนำหลังเรียน (mean 23.64, SD 4.96) สูงวกาก่อนเรียน (mean 11.11, SD 3.08) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 โดยหลังเรียนมีผลรวมร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความเข้าใจโน้มนำ และความเข้าใจโน้มนำผิด (NU+MU) ลดลงจากก่อนเรียนเป็น 2.93 และมีความเข้าใจโน้มนำถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) ลดลงจากก่อนเรียนเป็น 16.38 ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโน้มนำถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็น 34.31 แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้สามารถพัฒนาความเข้าใจโน้มนำในเรื่องนี้ของนักเรียนได้

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF COVALENT BONDING AND MOLECULAR SHAPES OF COVALENT COMPOUNDS BY USING 5E INQUIRY LEARNING INCORPORATED WITH PHYSICAL MODELS FOR GRADE 10 STUDENTS

AUTHOR : CHALEE MEEWONG

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF. SAKSRI SUPASORN, Ph.D.

KEYWORDS : COVALENT BONDING, MOLECULAR SHAPE, INQUIRY-BASED EXPERIMENT, PHYSICAL MODEL, CONCEPTUAL UNDERSTANDING

The main purpose of this research was to develop conceptual understanding on covalent bonding and molecular shapes of covalent compounds by using 5E inquiry learning in conjunction with physical models. The participants were 29 students, purposely selected from grade 10 students at Toomphittayanusorn School, Srisaket Province. The research instrument used was an inquiry-based experiment in conjunction with corresponding physical models (12 hours). The data were collected by a two-tier diagnostic conceptual test (20 items). The t-test for dependent samples analysis of students' conceptual test scores indicated that the post-conceptual test score (mean 23.64, SD 4.96) was statistically significantly higher than the pre-conceptual test score (mean 11.11, SD 3.08) at the 95% confidence level. After the intervention, the percentages of students who did not understand and mis-conceptual understanding (NU+MU) and partial mis-conceptual understanding (PMU) were decreased by 2.93 and 16.38 respectively, while the total percentage of students with partial and sound conceptual understanding (PU+SU) were increased by 34.31. This results indicated that this intervention was effective to develop students' conceptual understanding in the particular topic.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้	9
2.2 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	15
2.3 ความเข้าใจโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนการวิจัย	28
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	28
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	29
3.4 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	38
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	38
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	
4.1 คะแนนความเข้าใจโน้มน้าวของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์	41
4.2 ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจโน้มน้าวผิด คลาดเคลื่อน และถูกต้อง	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโมติของนักเรียน	51
4.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโมติของนักเรียนรายบุคคล	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	61
5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย	63
5.3 ข้อเสนอแนะ	63
5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าครั้งต่อไป	63
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก	
ก แบบทดสอบวัดมโนติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	75
ข กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	84
ค ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโมติของนักเรียนรายบุคคล	100
ประวัติผู้วิจัย	106

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมขั้นพื้นฐาน (O-NET) มาตรฐาน ว 3.1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิชาเคมี)	2
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ	29
3.2	เกณฑ์การให้คะแนนวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	37
3.3	แนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนจากแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์	39
4.1	เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และ รูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์	42
4.2	ร้อยละความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจแนวคิดระดับต่าง ๆ	45
4.3	การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องที่ 1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์	52
4.4	การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 2 การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง)	53
4.5	การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 3 ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง)	55
4.6	การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 4 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง)	56
4.7	ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนรายบุคคล	59
ค.1	ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนรายบุคคล	101

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	13
3.1	แบบจำลองเชิงกายภาพ การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์	31
3.2	แบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	32
3.3	แบบจำลองเชิงกายภาพ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะและสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์	33
3.4	แบบจำลองเชิงกายภาพรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	34
3.5	แบบทดสอบวัดมโนคติแบบวินิจัย 2 ลำดับขั้น	35
3.6	แบบบันทึกกิจกรรมการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ	36
4.1	ร้อยละความก้าวหน้าความเข้าใจมโนคติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	43
4.2	ร้อยละความเข้าใจมโนติก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์	47
4.3	ร้อยละความเข้าใจมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การเขียนสูตร เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	48
4.4	ร้อยละความเข้าใจมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ความยาวพันธะ มุมพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์	49
4.5	ร้อยละความเข้าใจมโนติก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในโลกปัจจุบันวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันและอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิต และการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิด และเป็นเหตุและเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการ และความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญดังนี้

- (1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- (2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- (3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางเทคโนโลยี
- (4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล และผลกระทบซึ่งกันและกัน
- (5) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต
- (6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

(7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

วิชาเคมีเป็นวิชาแขนงหนึ่งซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกับวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรามากทีเดียว เช่น อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัย และอื่น ๆ ที่จำเป็นในการดำรงชีวิต ล้วนเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากความรู้หลักการวิชาเคมี และนำหลักของวิชาเคมีก็นำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทำให้ประเทศไทยเรามีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมมากขึ้น และก้าวไปเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของประเทศด้วย (เปรมศักดิ์ สิมมาเคน และศักดิ์ศรี สุภาธร, 2557)

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมี ของโรงเรียนตุมพิตยานุสรณ์ที่ผ่านมายังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก อีกทั้งครูผู้สอนเองก็จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบที่ไม่หลากหลาย ครูยังคงมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนน้อย นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้น้อย ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อ ขาดความสนใจต่อวิชาเคมี ซึ่งมีผลต่อผลการสอบ (O-NET) จากรายงานผลการสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2557 และ 2558 ของโรงเรียนตุมพิตยานุสรณ์ พบว่านักเรียนมีคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร มาตรฐานการเรียนรู้ 3.1 เฉลี่ย 15.58 (SD 12.86) และ 12.24 (SD 11.90) ดังตารางที่ 1 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับจังหวัด ระดับภาค และระดับประเทศ (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2557)

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) มาตรฐาน ว 3.1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิชาเคมี)

ระดับ	ปีการศึกษา 2557		ปีการศึกษา 2558	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
โรงเรียน	15.58	12.86	12.24	11.90
จังหวัด	22.96	16.95	24.07	17.72
ภาค	24.44	18.16	24.42	18.28
ประเทศ	26.48	19.62	25.67	19.59

กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทอย่างมากในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมนมคติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ มีความเหมาะสมกับนักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ (ศักดิ์ศรี สุภาธร และคณะ, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับที่

สุดารัตน์ ดวงเงิน และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2553) ได้กล่าวถึงวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการสำรวจ ตรวจสอบและการปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจในมโนคติวิทยาศาสตร์ (Scientific concept) และได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) นอกจากนี้ กรรณิกักร์ กวางศิริ (2555) ได้กล่าวถึงวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เช่นกันว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการคิดวิเคราะห์ในการสืบเสาะแสวงหา ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้และทักษะ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นได้เป็นอย่างดี

จากประสบการณ์ในการสอนของผู้วิจัย การสังเกตการจัดการเรียนการสอน ในรายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตลอดระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมา พบว่า มีหลายหัวข้อที่ครูสอนแบบบรรยายให้ความรู้ตามเนื้อหาในหนังสือเรียน นักเรียนได้เรียนรู้เฉพาะหลักการหรือทฤษฎี โดยที่นักเรียนไม่ได้ทำกิจกรรมเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งสาเหตุอาจมาจากการขาดแคลนอุปกรณ์สารเคมี หรือสื่อการสอนที่เป็นรูปธรรม หรือในบางครั้งทางโรงเรียนมีกิจกรรมมากเกินไปโดยเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวกับการประเมินต่าง ๆ ทำให้ครูไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามแผนเพราะต้องเตรียมความพร้อมสำหรับการประเมินตามนโยบายของผู้บริหารโรงเรียน บางครั้งนักเรียนต้องหยุดเรียนเพื่อเตรียมรับการประเมินด้วย การเรียนการสอนขาดความต่อเนื่องและมีเวลาไม่มากพอที่จะสอนให้ครบตามตัวชี้วัด จึงทำให้ครูจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายเป็นส่วนใหญ่ หรือแจกใบความรู้ให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง และให้นักเรียนทำใบงานมาส่ง บางหัวข้อที่ยาก มโนคติเป็นนามธรรม นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้หรือเรียนรู้ได้ต้องใช้เวลา ทำให้ในหัวข้อนั้นนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือผิด หนึ่งในหัวข้อที่ครูสอนแบบบรรยาย เขียนในกระดาน คือ พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นเนื้อหาในภาคเรียนที่ 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และมีการทดสอบวัดผลในปลายภาคเรียน จากการตรวจแบบทดสอบ พบว่า นักเรียนได้คะแนนจากการทำแบบทดสอบได้น้อยทำให้ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ โดยนักเรียนและครูไม่พอใจกับคะแนน อาจเกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน ส่วนมากจะเป็นการอธิบาย ดูครูสอนในกระดาน ทำให้นักเรียนมองไม่เห็นภาพ และไม่ได้เรียนจากสิ่งที่เห็นเป็นรูปธรรม นั้นหมายความว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน และผิดในเรื่องนี้ (กลุ่มงานวิชาการ โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ ที่กล่าวไว้ว่า การจัดการสอนวิชาเคมีของโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบ Passive Learning เป็นกระบวนการเรียนรู้โดยการอ่าน ฟังบรรยาย โดยยึดเนื้อหา (Content Based) จากหนังสือ และตำรา เป็นรูปแบบที่ครูคุ้นเคยและใช้กันมาก ครูจะพยายามบรรยายบอกทุกสิ่งทุกอย่างในตำราหรือหนังสือให้นักเรียนจดบันทึกแล้วนำไปใช้สอบ วัดเก็บเป็นคะแนนความรู้ (สถาพร พงษ์พิบูล, 2555; สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2558; กุศลภัส เทียมทิพร, 2559) ผลเสียของการจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้นักเรียนจะขาดความสนใจเมื่อนั่งฟัง และจดบันทึกเนื้อหามากเกินไป นักเรียนบางคนตามเนื้อหาไม่ทันทำให้ขาดความเข้าใจในเนื้อหา และเกิดความเบื่อหน่าย ประกอบกับมโนคติในวิชาเคมีซึ่งรวมถึงมโนคติวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวนมากเกี่ยวข้องกับเรื่องนามธรรม (abstraction) ที่มองไม่เห็น และสัมผัสไม่ได้ (intangible) ในระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนสร้างมโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือผิดจากมโนคติที่ถูกต้อง (สายรุ่งชาวสุภา, 2559; ศักดิ์ศรี สุภาธร และคณะ, 2559; Mulford and Robinson, 2002)

แบบจำลองเชิงกายภาพ คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้เห็นรูปทรง รูปร่างทางกายภาพ ซึ่งมีทั้งมาตราส่วนที่ย่อขนาด จากของจริงที่มีขนาดใหญ่ หรือมาตราส่วนขยายใหญ่ จากของจริงที่มีขนาดเล็ก (วาโร เฟิงส์ว็สต์, 2553) โดยแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ Gilbert (2005; อ้างอิงจาก ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2554) นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจ และพัฒนา ความเข้าใจมโนคติในเรื่องนั้น ๆ ได้ (Gabel, 1998; อ้างอิงจาก Treagust, 2007) ดังนั้น การใช้ การสร้างแบบจำลองในการสอนวิชาเคมีเป็นหลัก ปฏิบัติที่จะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนาความเข้าใจจากแบบจำลองของตัวเองของนักเรียนเอง (Gross light et al., 1991; อ้างอิงจาก Treagust, 2007)

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนากิจกรรมเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ขึ้น และใช้วิธีการสอนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในขั้นสำรวจ และค้นหา เพื่อสนับสนุนมโนคติที่ถูกต้อง และปรับแก้มโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือผิด เรื่อง การเขียนสูตรการเรียกชื่อ และโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีลักษณะสำคัญคือ (1) ใช้กิจกรรมการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เหมาะสมกับการพัฒนาการของนักเรียนเพื่อให้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการออกแบบกิจกรรม สร้างคำอธิบาย และขยายแนวคิดจากการทดลองได้ด้วยตนเอง ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาทั้งด้านองค์ความรู้ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง (ศักดิ์ศรี สุภาธร, 2554) และ (2) ใช้กิจกรรมแบบจำลองเชิงกายภาพ ในขั้นสำรวจ และค้นหา ในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เพื่อให้นักเรียนได้เห็นแบบจำลองเชิงกายภาพที่ขยายมาจากของจริง และสามารถแสดงความคิดเห็น พิสูจน์ และอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดหรือมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นมโนคติเป้าหมาย และสร้างมโนคติที่ถูกต้องขึ้น จากนั้นเชื่อมโยงมโนคติที่ถูกต้องเข้ากับสถานการณ์ใหม่ในขั้นสำรวจ และค้นหาด้วยแบบจำลองเชิงกายภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.2 เพื่อศึกษาความเข้าใจโน้มนสดีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

1.2.3 เพื่อศึกษาร้อยละของนักเรียนที่มีโน้มนสดีความเข้าใจในระดับอนุภาคที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) ไม่ถูกต้อง (MU) ไม่มีโน้มนสดีหรือไม่เกี่ยวข้องหรือไม่มีความสัมพันธ์ (NU) และมโน้มนสดีไม่เขียนอะไรเลย (NR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยนี้มีสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

1.3.1 นักเรียนมีคะแนนโน้มนสดี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1.3.2 การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ทำให้ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโน้มนสดีถูกต้อง (SU) สูงขึ้น และร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโน้มนสดีที่คลาดเคลื่อน (AU) และมโน้มนสดีผิด (MU) ลดลง

1.3.3 การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ทำให้ร้อยละของนักเรียนที่มีโน้มนสดีความเข้าใจในระดับอนุภาคที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) สูงขึ้น และไม่ถูกต้อง (MU) ไม่มีโน้มนสดีหรือไม่เกี่ยวข้องหรือไม่มีความสัมพันธ์ (NU) และมโน้มนสดีไม่เขียนอะไรเลย (NR) ลดลง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนตุมพิตยานุสรณ์

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์ โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากรทั้งหมด

1.4.1.3 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ ร้อยละคะแนนโมเมนต์ และร้อยละของนักเรียนที่มีอยู่ในกลุ่มโมเมนต์ต่าง ๆ

1.4.2 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ซึ่งจัดอยู่ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน จัดกิจกรรมจำนวน 12 คาบ แบ่งออกเป็นเนื้อหาย่อย คือ

1.4.2.1 การจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.2.2 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.2.3 ความยาวพันธะ พลังงานพันธะและสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.2.4 รูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 พฤษภาคม 2559 ถึง 25 กันยายน 2559 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการทดลอง 12 ชั่วโมง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (2) ขั้นสำรวจและค้นหา ใช้แบบจำลองเชิงกายภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ การหาความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (3) ขั้นสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุป (4) ขั้นขยายความรู้ (5) ขั้นการประเมินผล

1.5.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน หมายถึง ผลต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียน จากการทำแบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนปกติ (normalized learning gain)

1.5.3 มโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conceptions) หมายถึง ความคิดรวบยอด ความเข้าใจ มโนทัศน์ มโนภาพที่มีต่อปรากฏการณ์ ความรู้หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ สถานการณ์ต่าง ๆ การทดลองหรือการเรียนรู้ที่มีความหมาย หลักการ สามารถพิสูจน์ได้ทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาประมวลเป็นความรู้ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ได้อย่างถูกต้องเป็นที่เชื่อถือ และยอมรับทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งมโนคติของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิม มโนคติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรม และนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน มโนคติหนึ่ง ๆ อาจเกิดจากการนำมโนคติหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กัน อย่างมีเหตุผล

1.5.4 ความเข้าใจมโนคติ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ หรือเรื่องนั้น ๆ หลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งเหล่านั้นมาประมวลเข้าด้วยกัน เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้น โดยแบ่งกลุ่มมโนคติตามความเข้าใจมโนคติแบบต่าง ๆ ซึ่งปรับปรุงจาก วิทยา ภาซีน (2553) และศักดิ์ศรี สุภาธร และคณะ (2559) ดังนี้

1.5.4.1 ความเข้าใจมโนคติถูกต้อง (Sound Understanding: SU) หมายถึง มีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ทำข้อสอบตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์

1.5.4.2 ความเข้าใจมโนคติไม่สมบูรณ์ (Partial Conceptual Understanding: PU) หมายถึง มีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์บางส่วน ทำข้อสอบตัวเลือกได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์/ไม่ให้เหตุผล หรือทำข้อสอบตัวเลือกไม่ถูก แต่ให้เหตุผลได้ถูกต้อง

1.5.4.3 ความเข้าใจมโนคติไม่สมบูรณ์ร่วมกับไม่ถูกต้อง (Partial with Mis-Conceptual Understanding: PMU) หมายถึง มีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ถูกบางส่วนผิดบางส่วน ทำข้อสอบตัวเลือกได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลผิด หรือทำข้อสอบตัวเลือกผิด แต่ให้เหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน

1.5.4.4 ความเข้าใจมโนคติไม่ถูกต้อง (Mis-Conceptual Understanding: MU) หมายถึง ไม่มีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ทำข้อสอบทั้งแบบตัวเลือก และให้เหตุผลผิด

1.5.4.5 ไม่มีความเข้าใจมโนคติ (No Conceptual Write: NR) หมายถึง ไม่ตอบคำถามในข้อสอบทั้งแบบตัวเลือก และเหตุผล

1.5.4.6 ความเข้าใจมโนคติคลาดเคลื่อน (Alternative Conceptual Understanding: AU) หมายถึง มีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์บางส่วน ทำข้อสอบตัวเลือกได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์/ไม่ให้เหตุผล หรือทำข้อสอบตัวเลือกไม่ถูก แต่ให้เหตุผลได้ถูกต้อง (PU) หรือมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ถูกบางส่วนผิดบางส่วน ทำข้อสอบตัวเลือกได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลผิดหรือทำข้อสอบตัวเลือกผิด แต่ให้

เหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน (PMU) หรือไม่มีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทำข้อสอบทั้งแบบตัวเลือก และให้เหตุผลผิด (MU)

1.5.5 แบบจำลองเชิงกายภาพ คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้เห็นรูปทรง รูปร่างทางกายภาพ ซึ่งมีทั้งมาตราส่วนที่ย่อขนาด จากของจริงที่มีขนาดใหญ่ หรือมาตราส่วนขยายใหญ่ จากของจริงที่มีขนาดเล็ก (วาโร เฟิงส์วส์ดี, 2553)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพร่วมด้วย ในเรื่องอื่น ๆ มากขึ้น

1.6.2 นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแบบจำลองเชิงกายภาพกับสิ่งที่เรียนรู้ในห้องเรียนชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น

1.6.3 นักเรียนมีจิตสำนึก และตระหนักในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมในการนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น โฟม ใช้เป็นสื่อแทนอะตอมของธาตุต่าง ๆ หลอดกาแฟ แทนพันธะโคเวเลนต์

1.6.4 นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์มากขึ้น เพราะมีแบบจำลองเชิงกายภาพมาร่วม ทำให้สามารถสัมผัส และมองเห็นเป็นรูปธรรม

1.6.5 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลสอบ O-NET สูงขึ้น และสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนในระดับอุดมศึกษาต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาดำรง เอกสาร แนวคิด และทฤษฎีต่าง ๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย ครั้งนี้ และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้
- 2.2 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 ความเข้าใจโมเดลในวิชาเคมี
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

2.1.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้

ทิสนา แคมมณี (2545) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ด้านการสืบค้นหาแหล่งเรียนรู้ การศึกษาหาข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการแสวงหา และศึกษาความรู้ต่าง ๆ นำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่เรียนรู้ที่มีการผสมผสานระหว่างการใช้กระบวนการคิด และทักษะต่าง ๆ เพื่อที่จะแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ ทำให้เกิดความมั่นใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิต

ชาตรี ฝ้ายคำตา (2551) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ Inquiry หมายถึง เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยกิจกรรมการเรียนรู้นั้นจะสะท้อนถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์สิ่งสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการ

สืบเสาะหาความรู้ก็คือการให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจ ตรวจสอบ วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

อีกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2558) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง โดยเกิดจากการสังเกต ตั้งคำถามสำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตัวเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก สนับสนุน ช่วยเหลือ เพื่อให้ นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ

Carrie A. Cloonan and et al. (2011) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนการสอนตามความต้องการของผู้เรียน โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ความเข้าใจตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ว่าผู้เรียนเรียนรู้ และมุ่งเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจในแนวคิดตามประสบการณ์เดิม หรือความรู้ที่มีอยู่เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีความเข้าใจผิดจะต้องได้รับการเรียนรู้โดยตรงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่ไม่สอดคล้องกับการให้เหตุผล

จากความหมายของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ดังกล่าว สรุปได้ว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการในการตอบคำถาม และการแก้ปัญหา การโต้ถามหรือการตั้งคำถาม เป็นการดำเนินการด้านการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความคิด ลงมือแสวงหาคำตอบ โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการแสวงหา และศึกษาความรู้ต่าง ๆ นำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ ๆ กิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติ และเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือการแก้ปัญหา และค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตัวเอง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก สนับสนุน ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้

ดังนั้นการสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการที่เน้นการค้นคว้าหาคำตอบโดยนักเรียนอย่างเป็นระบบ เปิดโอกาสนักเรียนได้ใช้ความคิดของตัวเอง มีความรับผิดชอบต่อตัวเอง และส่วนรวม โดยทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสร้างประสบการณ์ใหม่ และเชื่อมโยงในองค์ความรู้เดิม เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยใช้ทักษะกระบวนการ และทักษะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ปัญหา โดยมีคำถามเพื่อเป็นตัวช่วยในการหาคำตอบ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ และการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน สามารถพัฒนาผู้เรียนให้กล้าคิด

กล้าทำ กล้าซักถาม กล้าโต้แย้ง กล้าแสดงออก รู้จักคิดวิเคราะห์ มีความคิดหลากหลาย มีจิตวิทยาศาสตร์ บรรยากาศการเรียนการสอนดี เป็นบรรยากาศการเรียนรู้อย่างอิสระ และสร้างสรรค์

2.1.2 ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำเอาแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E inquiry learning cycle) ที่คิดค้นโดย Bybee et al. (1996) มาเผยแพร่ โดย สสวท. ได้นำเสนอว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง การจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดเป็นสิ่งที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบัน ซึ่งเป็นยุคข้อมูลข่าวสาร และเทคโนโลยีที่ไร้ขีดจำกัด การแข่งขันทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาประเทศต้องพึ่งวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี อีกทั้งการดำเนินชีวิตของมนุษย์จะต้องเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการคิด สิ่งที่ติดตัวนักเรียนไปคือวิธีการคิด กระบวนการคิด กระบวนการแสวงหาความรู้ความสามารถในการกล้าคิด กล้าทำ กล้าแสดงออก ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้จะกลายเป็นลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่จบการศึกษาแล้วจะเป็น “บุคคลที่คิดเป็น รักการเรียนรู้ตลอดชีวิต”

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในฐานะหน่วยงานที่รับผิดชอบหลักสูตร และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนา และส่งเสริมด้านกระบวนการคิดมาตลอด โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Approach) โดยบูรณาการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระการเรียนวิทยาศาสตร์กับการพัฒนากระบวนการคิด การสำรวจตรวจสอบเพื่อการค้นพบ และการแก้ปัญหาซึ่งเป็นการปลูกฝังคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ ให้เกิดขึ้นในตัวเด็ก ที่สำคัญที่สุดก็คือ การพัฒนาปลูกฝังให้ “เด็กคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น” โดยใช้รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น คือ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (2) ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ (5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์ความรู้ โดยมีครูเป็นผู้กำกับควบคุมดำเนินการให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ เป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิด และเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กิจกรรมแต่ละขั้นตอนมีสาระสำคัญ ดังนี้

(1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่กระตุ้น ยั่วเย้า ให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ใคร่รู้ อยากรู้ อยากเห็น ซึ่งผู้เรียนจะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไปด้วยตัวของผู้เรียนเอง

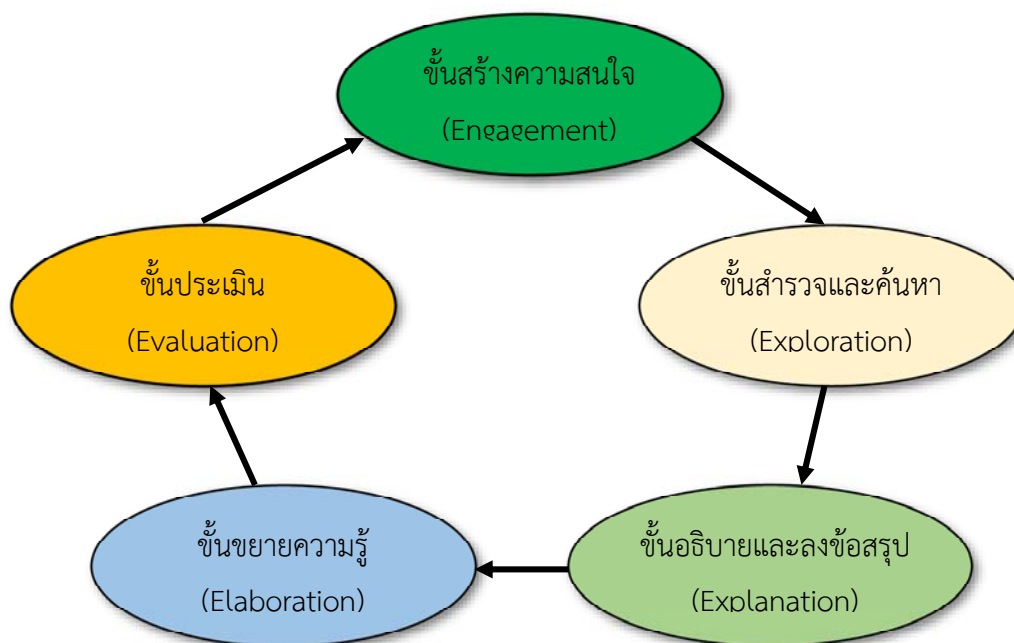
(2) ขั้นสำรวจ และค้นหา เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันเป็นกลุ่มในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยการวางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติ ครูมีหน้าที่ส่งเสริม ให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเป็นไปด้วยดี

(3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ร่วมกันทั้งชั้นเรียน โดยนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ พร้อมทั้งวิเคราะห์ อธิบาย และเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้หรือโต้แย้งในองค์ความรู้ใหม่ที่ได้สร้างสรรค์

(4) ขั้นอธิบายความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เพิ่มเติมหรือเติมเต็มองค์ความรู้ใหม่ให้กว้างขวางสมบูรณ์ โดยการอธิบายยกตัวอย่าง อภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่องค์ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ ละเอียดสมบูรณ์ นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

(5) ขั้นประเมินผล เป็นการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้ประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบ และผลการสำรวจตรวจสอบ หรือองค์ความรู้ใหม่ของตนเอง และของเพื่อนร่วมชั้นเรียนโดยการวิเคราะห์วิจารณ์ อภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ซึ่งกันและกันในเชิงเปรียบเทียบประเมินจุดดีหรือจุดด้อย และให้ครูได้ประเมินกระบวนการสร้างองค์ความรู้ใหม่ของผู้เรียน เน้นการประเมินตามสภาพจริงในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาสงสัยใคร่รู้ นำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลอง หรือสำรวจตรวจสอบต่อไปจะทำให้เกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ เรียกว่า วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle) ซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.1.3 ประโยชน์ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลหาพิบูลย์ (2540) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

- (1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง มีความอยากรู้อยากเห็นตลอดเวลา
- (2) นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิด และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความรู้ที่คงทน
- (3) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
- (4) นักเรียนสามารถเรียนรู้แนวคิด หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
- (5) นักเรียนจะเป็นผู้ที่มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

2.1.4 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็น การจัดการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์ จากการให้ความหมายของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของ นักการศึกษาได้ กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ และนำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับงานวิจัย ดังนี้

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ (2544) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีการให้นักเรียนเป็นผู้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

พจนา มะกรุดอินทร์ (2551) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนเป็นรูปแบบหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล โดยมีครูช่วยให้นักเรียนรู้จักคิด มีความคิดสร้างสรรค์ ให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองได้มากที่สุด ใช้กิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้ตรวจสอบ และจะต้องเชื่อมโยงกับความคิดเดิม และนำไปสู่กระบวนการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ และได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้

พินดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนานิคมคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเชียงแก้วพิทยาคม โดยมนิคมคติที่ศึกษาได้แก่ ความหมาย และการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตรา ผลของพื้นที่ผิวที่มีต่ออัตรา ผลของความเข้มข้นที่มีต่ออัตรา กลไกของตัวเร่งที่มีต่ออัตรา และผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตรา พบว่าหลังจากที่ได้จัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจนิคมคติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมนิคมคติ โดยสังเกตได้จากนักเรียนมีมนิคมคติที่ผิดลดลง แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ ช่วยลดมนิคมคติที่ผิดของนักเรียนลงได้ เนื่องมาจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตัวเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มนิคมคตินั้นอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจนิคมคติได้ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นำมาสู่การอธิบายสถานการณ์นั้น และนักเรียนยังมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน โดยมีครูเป็นผู้ทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ดูแล และสร้างแรงจูงใจ ให้แก่นักเรียน

อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2558) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง จากการสังเกต ตั้งคำถาม สำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูล เพื่อหาคำตอบ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตัวเอง ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก สนับสนุน ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้

สนทยา บังพรม (2558) ได้ให้ความหมายของการสอนหรือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติลงมือทำด้วยตนเอง และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง มีการตั้งคำถาม การวางแผน การสำรวจตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การสื่อสารความรู้เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจทำให้เกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ อย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอนต่อเนื่องกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ช่วยกันออกแบบ วางแผน เพื่อหาคำตอบของคำถาม และค้นคว้าหาข้อมูลเพื่ออธิบายหาคำตอบโดยใช้การทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละเรื่องที่ศึกษา โดยมีครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ชี้แนะช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน ยังเป็นกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมนมิตทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ และปานกลาง สูงขึ้นได้ และเข้าใจมนมิตได้ดีขึ้น และเป็นการท้าทายทักษะทางสติปัญญาขั้นสูง

2.2 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษ คำว่า Model ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลภาษาไทยโดยใช้คำว่าโมเดล แบบจำลอง ต้นแบบ ตัวแบบ ซึ่งแบบจำลองมีความหมายว่า สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือ อาจกล่าวได้ว่า แบบจำลองคือ ระบบของวัตถุ หรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบอื่น ๆ ที่เรียกว่า “เป้าหมาย” (Target) ซึ่งได้แก่ ระบบ แนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Gilbert & Ireton, 2003; Gilbert et al., 2000)

แบบจำลอง และกระบวนการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี แบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่าย และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อีกด้วย (Justi and Gilbert, 2002) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาคเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น เช่น การอธิบายโครงสร้างของ DNA โดยใช้การบรรยาย อาจทำให้ยากต่อการเข้าใจ และไม่สามารถนึกภาพได้ชัดเจน การใช้แบบจำลองอะตอมที่อธิบายลักษณะโครงสร้างของอะตอมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น (Coll, 2006) การเรียนรู้ และเข้าใจแบบจำลองจึงเป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่งของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งจะเห็นได้จากการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์แทบทุกสาขาวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี มีการใช้แบบจำลองที่หลากหลาย ทั้งนี้เพราะเนื้อหาวิชาเคมีส่วนใหญ่อ่อนขี้ช้ำซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ แต่หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะสามารถเข้าใจแนวคิดในวิชาเคมีได้ง่ายขึ้นดังคำกล่าวของ Coll (1999) ที่ว่า “เป็นการยากที่จะเข้าใจวิชาเคมี หากปราศจากความเข้าใจแบบจำลอง และกระบวนการสร้างแบบจำลอง” โดยแบบจำลองที่นักเคมีสร้างขึ้นมานั้นจะแสดงให้เห็นภาพที่อยู่ในสมอง โดยจะมีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลหรือที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิด

(Mental Model) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) อันเป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Coll, France and Taylor, 2005)

ตามหลักของธรรมชาติของแบบจำลองนั้น แบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่ของจริง (Artificial) แต่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของแนวคิดหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเท่านั้น ดังนั้นการใช้แบบจำลองจึงต้องตีความหมาย (Interpret) เพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป่าหมายที่ต้องการศึกษา (Gilbert and Ireton, 2003) จากความสำคัญเกี่ยวกับบทบาทธรรมชาติของแบบจำลองช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้มีการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนทั้งในประเทศ และต่างประเทศซึ่งพบประเด็นต่าง ๆ ที่นักเรียนมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนมีความเข้าใจว่าแบบจำลองคือวัตถุหรือสิ่งของที่เป็นรูปธรรมเท่านั้นหรือแบบจำลองลอกเลียนแบบมาจากของจริง (ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552; Grosslight et al., 1991) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จึงจัดเป็นส่วนหนึ่งขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ถ้าหากนักเรียนเข้าใจว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คืออะไร ได้มาอย่างไร และมีขอบเขต และข้อจำกัดอย่างไรบ้าง ก็จะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Lederman et al., 2002) จะเห็นได้ว่านักเรียน มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการบูรณาการธรรมชาติของแบบจำลองเข้าไปในบทเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมพันธะเคมีซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนวิชาเคมีในเรื่องอื่น ๆ และเอื้อต่อการสอดแทรกธรรมชาติของแบบจำลองเนื่องจากเนื้อหาเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะตอมที่มีการพัฒนาแบบจำลองมาอย่างยาวนานสำหรับแนวคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและพันธะ ได้ถูกกำหนดไว้ในสาระที่ 3 เรื่อง ของสารและสมบัติของสารของหลักสูตรวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลายเป็นเนื้อหาแรก และเนื้อหาที่สอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นั้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญและเป็นเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในการเรียนวิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้น แต่จากการ

จากการศึกษาวิจัยพบว่า แนวคิด เรื่อง พันธะเคมีเป็นแนวคิดที่ยากสำหรับนักเรียน เพราะเป็นนามธรรมและต้องอาศัยจินตนาการ ซึ่งนักเรียนยังมีแนวคิดทางเลือก และมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551; Harrison and Treagust, 1996) ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นี้ ส่วนหนึ่งมาจากการจัดการเรียนการสอนของครูครูส่วนใหญ่ยอมรับว่าเนื้อหาเรื่องนี้ยากที่จะสอนให้นักเรียนมองเห็นภาพ ดังนั้นครูจึงมักสอนแนวคิด เรื่อง พันธะเคมีแบบบรรยาย เพราะคิดว่าการสอนด้วยการอธิบายให้นักเรียนฟังอย่างตรงไปตรงมา น่าจะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา

มากขึ้นแต่กลับพบว่านักเรียนไม่ได้เข้าใจแนวคิดเรื่องนี้อย่างถ่องแท้ และนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.3 ความเข้าใจโนมิตทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 มโนมิต

มโนมิต แปลมาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมีผู้แปลเป็นศัพท์ภาษาไทย และนิยมใช้แตกต่างกันหลายคำ เช่น แนวคิด ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ มโนภาพ และแนวความคิด มโนมิต และมโนมิตวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกัน และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนมิต และมโนมิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค์ (2540) กล่าวว่า มโนมิต คือ ความคิดที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ทำให้มีความรู้ความเข้าใจกับกับสิ่งนั้น ๆ โดยที่ความเข้าใจจะแตกต่างกันตามประสบการณ์ของแต่ละคน

ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550; อ้างอิงจาก Klopfer, 1971) ให้ความหมายของมโนมิตทางวิทยาศาสตร์ว่า คือสิ่งที่เป็นนามธรรม อันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามโนมิตนั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

วิทยา ภาสิน (2553) ได้ให้ความหมายของมโนมิตว่า "มโนมิต หมายถึง ความคิด หรือความเข้าใจภายในตัวของบุคคลที่จะตีความหมาย และสรุปความเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาศัยประสบการณ์ และคุณลักษณะสำคัญของคนนั้นที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปของสิ่งนั้น และ “มโนมิตทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concept) หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจาก ความคิด ความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุป สิ่งใดสิ่งหนึ่ง และเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน”

พิสุตร บรรดาศักดิ์ไพศาล (2553) กล่าวว่า มโนมิต มาจากคำว่า Concept ในอังกฤษ ซึ่ง ได้มีผู้ให้คำแปลในภาษาไทยแตกต่างกันออกไป เช่น แนวคิด มโนทัศน์ มโนภาพ ความคิดรวบยอด แนวความคิด คือ ความคิดหรือความเข้าใจของบุคคลในการอธิบาย สรุปความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นที่เป็นลักษณะเฉพาะ

อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2558) กล่าวว่า มโนมิตทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่จะสรุปลักษณะสำคัญ ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปที่มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน

สรุปได้ว่า มโนมิต คือ กลุ่มของความเข้าใจหรือกลุ่มของความคิดที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งแต่ละบุคคลอาจมีมโนมิตต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของบุคคลนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันที่สัมพันธ์กันแล้วกลายมาเป็นข้อสรุป

2.3.2 มโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concept)

มโนคติทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการนำเอามโนคติหลาย ๆ มโนคติมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้มโนคติทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นมโนคติที่เกิดจากข้อเท็จจริงที่เน้นหนักในเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

นวลอนงค์ แก้ววงษ์ และศักดิ์ศรี สุภาจร (2558) ได้ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการรู้ในระดับรูปธรรมและนามธรรมที่ได้รับการสังเกต การให้เหตุผลและการประมวลผลแล้วสรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมจนเกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ถ้าความรู้เดิมที่ได้รับมา และความรู้ที่ได้รับใหม่มีความถูกต้องก็จะทำให้เกิดมโนคติที่ถูกต้องแต่หากความรู้ส่วนใดส่วนหนึ่งที่ได้รับมาไม่ถูกต้องก็จะทำให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหรือผิดได้

อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาจร (2558) ให้ความหมายของ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจที่จะสรุปลักษณะสำคัญ ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำมารวมเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปที่มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน

ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) ได้ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกต หรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง แนวคิดวิทยาศาสตร์ จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสังเกต และอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

มณีกานต์ หินสอ (2549) ได้ให้ความหมายของ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจ ของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องมีการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยจะต้องเน้นการสอนให้ผู้เรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) ได้ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ เป็นความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อโลกที่เขาอยู่ และต่อความหมายของคำที่นักเรียนได้รับก่อนก่อนที่นักเรียนจะได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียน มโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้พัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนพยายามที่จะเข้าใจโลกที่เขาอาศัยอยู่นั้น โดยอาศัยประสบการณ์ความรู้ในปัจจุบันและจากภาษาของตนเอง

จากการที่นักการศึกษาได้ให้ความหมายมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ข้างต้นสรุปได้ว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือความรู้ความเข้าใจที่เกิดจากการรวบรวมข้อสรุปบนพื้นฐานของเหตุและผล เกิดจากการรู้ในระดับรูปธรรม และนามธรรมที่ได้รับการสังเกตเกิดการให้เหตุผลการประมวลผลแล้วสรุปต่อสิ่งใด

สิ่งหนึ่ง และเชื่อมโยงกับความรู้เดิม ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นทำให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 มโนคติถูกต้อง (Sound conception)

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2553) ได้ให้นิยามไว้ว่า มโนคติที่ถูกต้อง (Good conception) หมายถึง มโนคติที่ถูกต้อง คือ แนวความคิดของนักเรียนที่ถูกต้องเกี่ยวกับการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันทั่วไป

2.3.4 มโนคติคลาดเคลื่อน (Alternative conception)

คำว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน มีการใช้คำที่แตกต่างกันออกไปทั้งในภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ที่ใช้กันอยู่บ่อย ๆ คือ Misconception (Fisher, 1985) และ Alternative conception (Hewson, M. G., and Hewson, P. W., 1983) นักการศึกษาอาจเรียกแตกต่างกันออกไปเช่น มโนคติคลาดเคลื่อน มโนคติทางเลือก หรือ แนวคิดคลาดเคลื่อน หลายท่านได้ให้ความหมายของมโนคติคลาดเคลื่อน ไว้ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2544) มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายที่แสดงถึงความเชื่อความรู้ ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง ไม่มีเหตุผลเพียงพอ และไม่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาพร (2558) ได้ให้ความหมายของมโนคติที่คลาดเคลื่อน คือ ความคิดของแต่ละบุคคลที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์หรือจากผู้รอบรู้เชี่ยวชาญโดยสิ้นเชิงหรืออาจจะแตกต่างเพียงบางส่วน

อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2558) ได้ให้ความหมายของมโนคติคลาดเคลื่อน คือ ความคิด หรือความเข้าใจที่ซึ่งมีความรู้พื้นฐานมาจากประสบการณ์เดิมแตกต่างไปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิงหรือแตกต่างเพียงบางส่วน

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2553) ได้ให้นิยามไว้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หรือมโนคติทางเลือก (Alternative conception) หมายถึง ความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตัวของเขาเอง โดยอาศัยแนวความคิดล่วงหน้าหรือที่มีอยู่ก่อน (Preconception) ซึ่งอาจจะแตกต่างไปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง แตกต่างเพียงบางส่วนหรือสอดคล้องกับแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Clememt, 2000; Giffiths and et al., 1988)

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2553; อ้างอิงจาก Griffiths and et al., 1988) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน คือ แนวความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง ซึ่งเกิดจากแนวความคิดล่วงหน้า หรือที่มีอยู่ก่อน (Preconceptions) ซึ่งความคิดนี้อาจจะแตกต่างไปจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง แตกต่างไปเพียงบางส่วน หรือสอดคล้องกับแนวความคิด

ของนักวิทยาศาสตร์ ความคิดคลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นได้ต้องใช้ระยะเวลานาน ถ้าเกิดขึ้นแล้วจะเป็นความคิดที่ผิดพลาดจะคงอยู่ไปอีกนานที่ยากจะแก้ไขเปลี่ยนแปลง

สมเจตน์ อูระศิลป์ (2553; อ้างอิงจาก Dyksey, Boyle, and monarch, 1992) ได้ให้ความหมายว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน คือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นไปของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของนักเรียน ซึ่งแตกต่างไปจากความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ยอมรับ

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) สรุปความหมายของมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าเป็นความคิด หรือความเข้าใจภายในบุคคลที่สร้างขึ้นมาจากความเชื่อ ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของบุคคลเอง ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง โดยความรู้ความเชื่อเหล่านั้นเกิดจากการสังเกต และประสบการณ์เดิมในการสร้างความรู้ของบุคคล และความรู้ที่สร้างขึ้นมานั้นมีการแปลความหมายที่แตกต่างหรือผิดแปลกไปจากทิศทางของแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับกันทางวิทยาศาสตร์

สุวดี แสนคำภูมิ (2544) สรุปความหมายของมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจ ที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง โดยอาศัยความรู้ และประสบการณ์เดิมประกอบ ในการสร้างความรู้ขึ้นแต่ความรู้ที่สร้างขึ้นนั้นไม่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในขณะนั้นต้องได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง

สรุปได้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดรวบยอดที่ไม่ถูกต้อง และแตกต่างไปจากแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ อาจจะแตกต่างไปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง หรือแตกต่างเพียงบางส่วน หรือสอดคล้องกับแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเกิดการเรียนรู้มาก่อน และถูกเชื่อมโยงเข้ากับการเรียนรู้ใหม่มีความสัมพันธ์กัน ทำให้เรื่องที่เรียนรู้เกิดการเรียนรู้ที่ผิด

2.3.5 มโนคติไม่ถูกต้องหรือมโนคติที่ผิด (Misconception)

อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาขร (2558) ได้ให้ความหมายของ มโนคติที่ผิด คือ ความคิด ความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดที่ฝังแน่น ยากที่จะเปลี่ยนแปลง และแก้ไขให้ถูกต้องได้

สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาขร (2558) ได้กล่าวไว้ว่า มโนคติที่ผิด คือมโนคติที่ไม่ตรงกันกับมโนคติหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ และเป็นมโนคติที่ยากจะแก้ไขและเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน และผิดนั้นมีสาเหตุหลายประการ และการที่จะทำให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยปัจจัย วิธีการสอนที่หลากหลาย

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ได้กล่าวว่า "หากความรู้เดิมของนักเรียนไม่ตรงกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์จะถือว่าความรู้เดิมนั้นเป็น Misconception"

Lawson (2001) ให้ความหมายว่า มโนคติที่ผิด หมายถึง ความรู้ของตนเองที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎี หรือความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ยอมรับ ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ตนเอง โดยมโนคติที่ผิดนี้ถ้าเกิดขึ้นกับนักเรียนแล้วจะฝังแน่นยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้

Sander (1993) ให้ความหมายว่า มโนคติที่ผิด หมายถึง ข้อสันนิษฐานเชิงสติปัญญา ที่ผิดพลาด หรือไม่ถูกต้องที่นักเรียนมีอยู่ และยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้ถูกต้องในระยะเวลาอันสั้น โดยคำตอบที่ผิดไม่จำเป็นต้องเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อนเสมอไป จึงควรแยกให้ชัดเจนว่าสิ่งใด เป็นมโนคติที่ผิด สิ่งใดเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมโนคติที่ผิดเป็นมโนคติที่ไม่ตรงกับมโนคติ ของนักวิทยาศาสตร์ยอมรับ

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่ามโนคติที่ผิด หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ที่มีอยู่ เป็นความรู้ที่ผิดพลาด หรือไม่ถูกต้อง และเป็นความรู้ที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎี หรือความรู้ เชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่ได้รับการยอมรับ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น

วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2556) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในวิชา เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 12 คาบ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยแทรกกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในชั้นสร้างความสนใจ พบว่า การจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ร่วมกับกิจกรรม POE ทำให้นักเรียนเกิดคำถามในใจ และทำให้นักเรียน อยากรู้คำตอบว่าจะตรงกับที่เราคาดคะเนไว้หรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบของการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้เมื่อเรียนแล้วเกิดความรู้มากขึ้น และ ยังเน้นทักษะการคิด และทักษะความรู้ขั้นสูง ทำให้เป็นส่วนหนึ่งที่น่าสนับสนุนในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชานั้น ๆ ได้ และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลของการทดลอง ที่ได้แล้วนำมาเปรียบเทียบ และเชื่อมโยงหลักการที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาอธิบาย และ เป็นคำตอบของคำถามที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น

เปรมศักดิ์ สิมมาเคน และศักดิ์ศรี สุภาพร (2557) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ห้วยชะยุง จำนวน 17 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้าร้อยละ 29.00 และศึกษาความคงทนทางการเรียน เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน พบว่านักเรียนมีคะแนนความคงทนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 26.66 ซึ่งพบว่านักเรียน มีคะแนนความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกับคะแนนวัดความคงทนของโมเดลอย่างมี นัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในทุกเนื้อหา ยกเว้นเนื้อหาเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียน มีร้อยละความก้าวหน้ามากที่สุดไปหาน้อยที่สุด และได้วิเคราะห์ร้อยละของโนมติก่อนเรียน และ หลังเรียน สามารถจำแนกเป็นมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด พบว่านักเรียนมีความเข้าใจ ถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนคติ แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ

สามารถช่วยลดมโนคติที่ผิดของนักเรียนให้ลดลงได้ เนื่องจาก การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนคติเป็นรูปธรรมมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นำไปสู่การอธิบายสถานการณ์นั้น และยังมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ดูแล และสร้างแรงจูงใจ

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเชียงแก้วพิทยาคม โดยมโนคติที่ศึกษาได้แก่ ความหมาย และการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตรา ผลของพื้นที่ผิวที่มีต่ออัตรา ผลของความเข้มข้นที่มีต่ออัตรา กลไกของตัวเร่งที่มีต่ออัตรา และผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตรา พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนคติ สังเกตได้จากนักเรียนมีมโนคติที่ผิดพลาดลดลง แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ ช่วยลดมโนคติที่ผิดของนักเรียนลงได้ เนื่องมาจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตัวเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนคตินั้นอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนคติได้ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นำมาสู่การอธิบายสถานการณ์นั้น และนักเรียนยังมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน โดยมีครูเป็นผู้ทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ดูแล และสร้างแรงจูงใจ ให้แก่นักเรียน

สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาธร (2558) ได้ศึกษาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนคติหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนนักเรียนมีความพึงพอใจหลังเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากอันเนื่องมาจากกิจกรรมมีส่วนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสทำกิจกรรมด้วยตนเอง มีการวางแผนการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เดิม และความรู้ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม เกิดเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูมีส่วนสำคัญในการส่งเสริม กระตุ้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ คอยแนะนำในการดำเนินกิจกรรมของนักเรียน และสรุปองค์ความรู้ร่วมกับนักเรียน จนทำให้นักเรียนแก้ไขมโนคติที่ผิดเกิดเป็นมโนคติที่ถูกต้องหรือมโนคติวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ อีกทั้งในกระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้น มีการแทรกกิจกรรมการทดลอง POE เข้ามาผสมผสานจะช่วยให้นักเรียนได้นำองค์ความรู้มาขยายเพิ่มเติมจากเดิมทำให้เข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นอีกด้วย

พัศวรรณ ภูผาดแร่ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสกลพัฒนศึกษา โดยศึกษาสมบัติและปฏิกิริยาของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยเนื้อหาสมบัติและปฏิกิริยาของโปรตีน สมบัติและปฏิกิริยาของลิพิด มีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนใกล้เคียงกัน เนื่องจากเป็นหัวข้อที่นักเรียนให้ความสนใจมากที่สุด และเป็นเรื่องที่นักเรียนสามารถพบเห็นและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มากที่สุด ในตอนท้ายนักเรียนสามารถทำกิจกรรมในกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะได้ดีขึ้น ส่วนเนื้อหาสมบัติ และปฏิกิริยาของคาร์โบไฮเดรต ร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด เพราะเป็นหัวข้อในตอนต้น นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงการจัดการเรียนการสอนให้เข้ากับชีวิตประจำวันได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ POE ทำให้นักเรียนเกิดคำถามในใจ มีความสนใจอยากรู้คำตอบที่คาดคะเนไว้ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

กริธา ภูผาดแร่ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2557) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน สกลราชวิทยานุกูล พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยมีร้อยละความก้าวหน้า ทางการเรียนสูงสุดเรื่องยาง เพราะเนื้อหาเรื่องยางนักเรียนจะต้องทำการทดลองจึงทำให้เกิดความเข้าใจประกอบกับเป็นหัวข้อในตอนท้าย ซึ่งนักเรียนสามารถทำกิจกรรมในกระบวนการจัดการเรียนการสอนได้ดีขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ POE เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทชีวิตประจำวัน และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวนักเรียนเอง ได้เรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีและมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนได้ช่วยกันคิด ออกแบบ วางแผน เพื่อหาคำตอบของคำถาม และค้นคว้าหาข้อมูลเพื่ออธิบายในสิ่งที่นักเรียนได้ทำการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละเรื่องที่ศึกษา กล้าแสดงความคิดเห็น และการตั้งคำถาม โดยมีครูทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา สนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน และเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมนมิตทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และยังเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและปานกลาง ให้สูงขึ้นได้ ให้เข้าใจมนมิตได้ดีขึ้น และเป็นการท้าทายทักษะทางสติปัญญาขั้นสูง (higher-order cognitive skills)

สำหรับผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงได้อย่างดี (ศักดิ์ศรี สุภาธร, 2555) ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เสมือนของจริง และทำให้มีความเข้าใจโมเดลเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ และ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่คงทน สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้สู่ชีวิตประจำวันได้

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

พิสุตร บรรดาศักดิ์ไพศาล (2553) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสำรวจแนวคิดก่อน และหลังเรียน แบบสัมภาษณ์ กึ่งโครงสร้าง แล้วนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่า พบว่านักเรียน ที่เปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ก่อนเรียนมีแนวคิดไม่สอดคล้อง และสอดคล้องกับ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 94.74 และ 5.26 หลังเรียนมีแนวคิดไม่สอดคล้อง และ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 49.56 และ 50.44 นักเรียนส่วนมาก มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดจากแนวคิดทางเลือกเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 แนวคิด โดยแนวคิดที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ได้แก่ การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ โดยก่อนเรียน ไม่มีนักเรียนที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดพบว่ามีนักเรียนถึง 30 คน ที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับพลังงานพันธะและความยาวพันธะ ในส่วนเปรียบเทียบความยาวพันธะ พบว่า นักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด หลังจากการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ พบว่า ปัจจัย ด้านความเชื่อในแรงจูงใจของนักเรียน และปัจจัยทางสังคมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ของนักเรียนทั้งทางด้านส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงแนวคิด และยับยั้งการเปลี่ยนแปลงแนวคิด จากแนวคิดทางเลือกเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์

อรรพรรณ จันท์ฟู (2554) ได้ศึกษาแนวคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวคิด เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ศึกษาแผนการเรียน วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 45 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่ แห่งจังหวัดกาญจนบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดแนวคิด เรื่อง พันธะเคมี วิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งกลุ่มแนวคิด และคำนวณความถี่ ร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ จำนวนร้อยละ 35.53 มีแนวคิด เรื่อง พันธะเคมีถูกต้อง และแนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 14.53 แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่ายังคงมี

นักเรียนส่วนใหญ่อีกร้อยละ 30.92 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 12.75 ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนถูกต้องบางส่วน ในแนวคิด เรื่อง โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ส่วนนักเรียนอีกร้อยละ 4.86 ไม่มีแนวคิดใน เรื่อง พันธะเคมี

เปรมศักดิ์ สิมมาเคน และศักดิ์ศรี สุภาพร (2557) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้วยชะยุง จำนวน 17 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้าร้อยละ 29.00 และศึกษาความคงทนทางการเรียนเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน พบว่านักเรียนมีคะแนนความคงทนเฉลี่ยเป็น 26.66 ซึ่งพบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกับคะแนนวัดความคงทนของมโนคติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในทุกเนื้อหา ยกเว้นเนื้อหาเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้ามากที่สุดไปหาน้อยที่สุด และได้วิเคราะห์ร้อยละของมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน สามารถจำแนกเป็นมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนติ แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพสามารถช่วยลดมโนติที่ผิดของนักเรียนให้ลดลงได้ เนื่องจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนติเป็นรูปธรรมมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน นำไปสู่การอธิบายสถานการณ์นั้น และยังมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ดูแล และสร้างแรงจูงใจ

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จะเห็นได้ว่า เป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก และเป็นนามธรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนติที่คลาดเคลื่อนหลายมโนติ เช่น การจัดเรียงอิเล็กตรอน การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุล โคเวเลนต์ และมีผู้วิจัยหลายท่านได้มีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถให้นักเรียนมีมโนติถูกต้องมากขึ้น มโนติที่คลาดเคลื่อนลดลง ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้หลายแบบ เช่น การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพ หรือการใช้เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีมโนติที่คลาดเคลื่อน และผิดลดลง

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ณัฐนันท์ กัตถรัตน์ และ สุวัตร นานันท์ (2558) ได้ศึกษามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ทำการศึกษาแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ใช้ MIS 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MIS กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัยที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 1 ห้องเรียน มี 29 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ (1) แบบวัดมโนคติ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.91 (2) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.93 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิตส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสถิติทดสอบที่ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยมโนคติ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นทุกมโนคติ (2) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับดีมาก

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ (2560) ได้ศึกษาแบบจำลองทางมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ครูจึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง และใช้แบบจำลองเพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ ครูต้องมีทั้งความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมีมุมมองที่เหมาะสมต่อการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษามุมมอง และความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 41 คน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ทั้งแบบมาตราส่วนประเมินค่า (ข้อมูลเชิงปริมาณ) และแบบปลายเปิด (ข้อมูลเชิงคุณภาพ) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าความถี่ และร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิเคราะห์เนื้อหา และการตีความ การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองประเภทเปิดเผยว่า ครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของเป้าหมายบางอย่าง ทั้งนี้ เพื่อบรรยายและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เป้าหมายเดียวกันสามารถมีแบบจำลองได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความคิด และวัตถุประสงค์ของนักวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้ นอกจากนี้ ครูส่วนใหญ่มี “มุมมองด้านการสอน” ต่อแบบจำลอง ครูจึงเน้นการใช้แบบจำลองเพื่อนำเสนอความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บทความวิจัยนี้เสนอแนะแนวทางการพัฒนาความเข้าใจของครู ทั้งนี้ เพื่อให้ครูมี “มุมมองด้านการวิจัย” ต่อแบบจำลอง และสามารถจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง และใช้แบบจำลองในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และสุวัตร นานันท์ (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาวิธีทางมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง

เป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ศึกษาวิถีทางมโนคติวิทยาศาสตร์เป็นชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และวัดการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดการสร้างแบบจำลองก่อนทำการทดลอง และหลังการทดลอง ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือชนิดคำถามปลายเปิดมาวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 1 เดือน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นมีระดับ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น และพัฒนามโนคติของนักเรียนได้ดีแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนคติของนักเรียนได้

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนสามารถจับ และสัมผัสสิ่งที่จะเรียนรู้ได้ ถึงแม้ว่าสิ่งที่กำลังศึกษานั้นเป็นแบบจำลองที่เสมือนจริง ก็ทำให้ผู้เรียนสามารถมองจากนามธรรมเป็นรูปธรรมได้ และผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาข้อมูลเพื่ออธิบายในสิ่งที่นักเรียนได้ทำการทดลอง จากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละเรื่องที่ศึกษา กล่าวแสดงความคิดและการตั้งคำถาม โดยมีครูทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา สนับสนุน ชี้แนะช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน และเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และยังเหมาะสมสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ และปานกลางให้สูงขึ้นได้ ให้เข้าใจมโนคติได้ดีขึ้น สำหรับผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงได้ดี (ศักดิ์ศรี สุภาพร, 2555) ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เสมือนของจริง และทำให้มีความเข้าใจมโนคติเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่คงทน สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้สู่ชีวิตประจำวันได้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงสนใจและศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เพื่อสร้างแรงจูงใจ สร้างความสนใจ กระตุ้น ให้นักเรียนมีความสนุกสนาน ทำทนาย ร่วมทั้งสื่อความหมายเรื่องยากให้เข้าใจง่ายขึ้น เพื่อให้มีความครอบคลุมในงานวิจัย จึงมีการนำตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้ได้งานวิจัยที่สมบูรณ์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจนิมิตวิทยาาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสร้างความสนใจ มีวิธีการ ดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 แบบแผนการวิจัย
- 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.5 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบแผนการวิจัยเป็นแบบก่อนทดลอง (Pre-experimental design) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเดียวทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน (One group pretest and posttest design) ดังนี้

$$O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

โดย X คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

O1 และ O2 คือ การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบวัดนิมิตวิทยาาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ตามลำดับ

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต จำนวน 29 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนตุมพิทยานุสรณ์

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนตุมพิตยานุสรณ์ โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากรทั้งหมด เนื่องจากผู้วิจัย เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างที่เลือกเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรได้ เพราะเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมกิจกรรม การดำเนินการวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสำรวจ และค้นหา จำนวน 4 แผน รวมเวลา 12 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.1) โดยมีรายละเอียดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ

แผนการจัดการเรียนรู้	ชั่วโมงสอน	กิจกรรมการเรียนรู้หลัก	กิจกรรมชั้นขยายความรู้
1. การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์	3	แบบจำลองเชิงกายภาพการเกิดพันธะโคเวเลนต์	การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของสารโคเวเลนต์ในชีวิตประจำวัน และใกล้ตัวเรา
2. การเขียนสูตร เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	3	แบบจำลองเชิงกายภาพ การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	สูตรโมเลกุล และการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ในชีวิตประจำวัน
3. ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์	3	แบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง การหาความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์	ตัวอย่างความยาวพันธะ พลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน
4. รูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	3	แบบจำลองเชิงกายภาพ รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	รูปร่างแบบจำลองเชิงกายภาพของสารโคเวเลนต์ในชีวิตประจำวัน
รวม	12		

3.3.2 เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

3.3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการเรียนรู้อย่าง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ผู้วิจัยมีขั้นตอนดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้ ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 เรื่อง พันธะเคมี

2) ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาพันธะเคมี กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ

3) กำหนดผลการเรียนรู้ตามหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหา เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในขั้นสำรวจ และค้นหา

4) ทำการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในขั้นสำรวจและค้นหา ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

4.1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพเพื่อสร้างความสนใจให้กับนักเรียน โดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ เลือกรูปภาพที่ทุกคนให้ความสนใจ และอธิบายได้

4.2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการสำรวจโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ

4.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

4.4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

4.5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)

5) ตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยให้อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรม แล้วนำข้อบกพร่อง และคำแนะนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

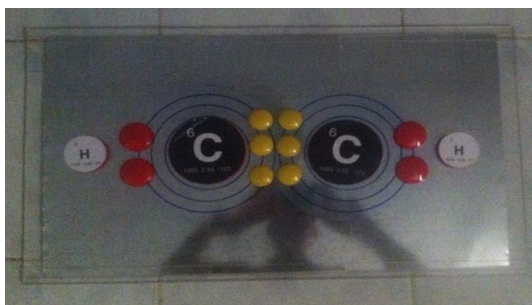
6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ มีจำนวน 4 แผน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์

1.1) ขั้นสร้างความสนใจ ใช้แบบจำลองเชิงกายภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ ครูถามนักเรียนว่าแม่เหล็กหลากสีนำมาแทนอิเล็กตรอนได้หรือไม่



ภาพที่ 3.1 แบบจำลองเชิงกายภาพ การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์

1.2) ขั้นสำรวจและค้นหา ให้ใบงานที่ 1, 2 และ 3 กับนักเรียนทุกกลุ่ม แล้วอธิบายการใช้สื่อแบบจำลองเชิงกายภาพเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบ นักเรียนอาจหาได้หลายรูปแบบ ตามความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ บันทึกข้อมูล (ภาพวาด การจัดเรียงอิเล็กตรอนของแม่เหล็กหลากสี และการเกิดพันธะโคเวเลนต์)

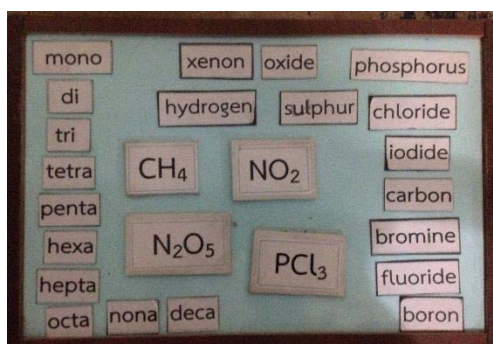
1.3) ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป นักเรียนใช้สื่อแล้วได้เรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนสามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนได้ทุกธาตุหรือเปล่า และพันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นได้อย่างไร อิเล็กตรอน หรือแม่เหล็กสีมีความหมายว่าอย่างไร นักเรียนนำเสนอบางกลุ่ม และปรับแก้ไขของตนเองให้สมบูรณ์ให้ถูกต้อง

1.4) ขั้นขยายความรู้ ครูอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอน จุดอิเล็กตรอนของ ลิทวีส เพื่ออธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของสารต่าง ๆ ให้นักเรียนได้เรียนรู้ และเข้าใจการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของสาร

1.5) ขั้นประเมินผล ตรวจสอบการเขียนบันทึกของนักเรียน พฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง

2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

2.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูถามนักเรียนว่าสิ่งที่วางบนโต๊ะใช้ทำอะไร และตัวอักษรภาษาอังกฤษ คืออะไร ใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ให้นักเรียนเขียนจุดลิวอิสของธาตุที่กำหนดให้ เพื่อเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์ แล้วให้นำธาตุมาเรียกชื่อสาร



ภาพที่ 3.2 แบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

2.2) ขั้นสำรวจ และค้นหา ครูอธิบายวิธีการใช้สื่อการสอน เขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์พร้อมทั้งอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ และแจกใบงานที่ 4 เพื่อให้นักเรียนหาคำตอบ

2.3) ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป ครูถามนักเรียนว่ามีสารอะไรบ้าง และมีชื่อเรียกว่าอย่างไร พร้อมทั้งให้นักเรียนส่งใบงาน

2.4) ขั้นขยายความรู้ ครูยกตัวอย่างสารประกอบโคเวเลนต์อื่น ๆ พร้อมทั้งเรียกชื่อเพื่อเพิ่มความรู้ให้นักเรียน โดยนักเรียนสามารถอธิบายการเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์ พร้อมทั้งอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

2.5) ขั้นประเมินผล ตรวจสอบการเขียนบันทึกของนักเรียน พฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์

3.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์ และถามนักเรียนว่ามันคืออะไร และใช้ทำอะไร



ภาพที่ 3.3 แบบจำลองเชิงกายภาพ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะและสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์

3.2) ขั้นสำรวจ และค้นหา ครูอธิบายวิธีการใช้สื่อเพื่อหาคำตอบ พร้อมแจกใบงานที่ 5 ให้นักเรียนเพื่อหาความพันธะ พลังงานพันธะ และแสดงสภาพขั้วของธาตุ

3.3) ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป ครูถามนักเรียนแต่ละกลุ่มว่าได้อะไรบ้าง และนักเรียนสามารถหาความยาวพันธะ พลังงานพันธะของสารที่กำหนดให้ได้ไหม นักเรียนนำเสนอ บางกลุ่ม และปรับแก้ไขของตนเองให้สมบูรณ์ ให้ถูกต้อง

3.4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนสามารถอธิบายหาความพันธะ พลังงานพันธะ และแสดงสภาพขั้วของธาตุได้

3.5) ขั้นประเมินผล ตรวจสอบการเขียนบันทึกของนักเรียน พฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง

4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 รูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

4.1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูถามนักเรียนว่าแบบจำลองเชิงกายภาพที่วางบนโต๊ะของนักเรียน คือสารประกอบโคเวเลนต์ที่มีชื่อว่าอะไร



ภาพที่ 3.4 แบบจำลองเชิงกายภาพรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

4.2) ขั้นสำรวจ และค้นหา ครูให้นักเรียนเขียนชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ และศึกษาความยาวพันธะ มุมพันธะ ทำนายรูปร่าง และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์

4.3) ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป นักเรียนนำเสนอบางกลุ่มและปรับแก้ไข ของตนเองให้สมบูรณ์ ให้ถูกต้อง

4.4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนสามารถอธิบายความยาวของพันธะ มุมพันธะ ระหว่างธาตุ รูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วของโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ พร้อมทั้งส่งชิ้นงานกลุ่มละ 1 ชิ้น

4.5) ขั้นประเมินผล ตรวจสอบการเขียนบันทึกของนักเรียน พฤติกรรม ของนักเรียนขณะทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง

3.3.3 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย

3.3.3.1 แบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มน้าทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และ รูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

แบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ แบบวินิจัย 2 ลำดับชั้น (2-tier diagnostic test) มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดโมเดลทางวิทยาศาสตร์แบบวินิจัย 2 ลำดับชั้น

2) ศึกษา วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ที่ใช้สร้างแบบทดสอบโมเดลทางวิทยาศาสตร์

3) สร้างแบบทดสอบโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ แบ่งตามระดับการเรียนรู้ของ Bloom's Taxonomy ได้แก่ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ แบบวินิจัย 2 ลำดับชั้น (2-tier diagnostic test) จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นแบบตัวเลือก 4 ตัวเลือก ส่วนที่สองให้ระบุเหตุผล

3.3.3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดล เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ เป็นแบบวินิจัยสองลำดับชั้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 20 ข้อ โดยขั้นที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีตัวเลือกเดียวที่ถูกต้อง และขั้นที่ 2 เป็นการเขียนตอบแสดงเหตุผล เพื่อแสดงความเข้าใจโมเดลในเรื่องนั้น หรืออาจจะเป็นการเขียนอธิบายหรือวาดภาพแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ (ภาพที่ 3.5)

คำถาม: โมเลกุลของสารในข้อใดมีจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางมากที่สุด

ก. CCl_4

ข. NH_3

ค. PCl_5

ง. H_2O

จงวาดโครงสร้างตามสูตรลิวอิสประกอบ :

คำถาม: โมเลกุลของสารในข้อใดมีจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางมากที่สุด

ก. CaCl_2

ข. NH_3

ค. PCl_5

ง. H_2O

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลประกอบคำอธิบาย:

ภาพที่ 3.5 แบบทดสอบวัดโมเดลแบบวินิจัย 2 ลำดับชั้น

3.3.3.3 แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพในชั้นสร้างความสนใจ และชั้นสำรวจและค้นหา เป็นใบกิจกรรมคู่มือการใช้งาน และแบบทดสอบจากการแบบจำลองเชิงกายภาพ

ใบงานที่ 2 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ วันที่เดือน.....พ.ศ..... รายชื่อสมาชิก กลุ่มที่ 1.....2.....3.....4..... 1. จุดประสงค์ 1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ 2. ศึกษาอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของสารประกอบโคเวเลนต์ 3. ศึกษาโมเลกุลที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 2. อุปกรณ์การทดลอง 1. 2. 3. 3. วิธีการทดลอง 1. ใช้แม่เหล็กขนาดเล็กสีแดงและน้ำเงินแทนอิเล็กตรอนของธาตุแสดงจำนวนอิเล็กตรอนของธาตุนั้น 2. นำแม่เหล็กขนาดใหญ่แทนธาตุ และเขียนจำนวนโปรตอนและนิวตรอนของธาตุนั้น 3. ศึกษาการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ แล้วแสดงสัญลักษณ์นิวเคลียร์ 4. นำธาตุสองธาตุมาแชร์ใช้อิเล็กตรอนวงนอกสุด (ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน) ตามสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส บันทึกผล 5. วาดภาพแสดงการเกิดพันธะ 6. ทำการทดลองเหมือนเดิมแต่เปลี่ยนเป็นธาตุอื่น ๆ <u>แบบฝึกหัด</u> คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของธาตุที่กำหนดให้ต่อไปนี้ 1. C 1 อะตอม และ H 4 อะตอม 2. C 2 อะตอม และ H 6 อะตอม

ภาพที่ 3.6 แบบบันทึกกิจกรรมการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ

3.3.3.4 แบบบันทึกคะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนวัดความเข้าใจโน้ตทางวิทยาศาสตร์ตามแบบทดสอบความเข้าใจโน้ต เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนวัดความเข้าใจโน้ตทางวิทยาศาสตร์

คำถาม สารประกอบโคเวเลนต์ใดต่อไปนี้ที่อะตอมกลางไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

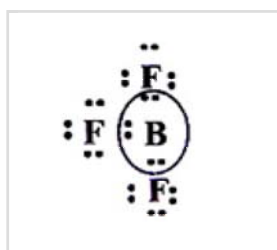
ก. PCl_3

ข. CO_2

ค. CH_4

ง. BF_3

จงแสดงโครงสร้างแบบจุดของลิวิสของสารประกอบที่เลือกข้างต้น



Code	คะแนน	มโนคติ
3AR	0.40	แสดงจุดอิเล็กตรอนของ F ถูกต้อง
3AW	0	แสดงจุดอิเล็กตรอนของ F ไม่ถูกต้อง
3BR	0.40	แสดงจุดอิเล็กตรอนของ B ถูกต้อง
3BW	0	แสดงจุดอิเล็กตรอนของ B ไม่ถูกต้อง
3DR	0.20	แสดงโครงสร้างโมเลกุลถูกต้อง
3DW	0	แสดงโครงสร้างโมเลกุลผิด

คำถาม สารประกอบในข้อใดมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมแบนราบ (Trigonal planar)

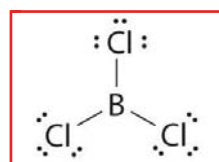
ก. BCl_3

ข. NH_3

ค. PCl_3

ง. PH_3

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลประกอบคำอธิบาย



มุม Cl-B-Cl เท่ากับ 120 องศา

Code	คะแนน	มโนคติ
16AR	0.50	วาดรูปร่างสามเหลี่ยมแบนราบได้ถูกต้อง
16AW	0	วาดรูปร่างสามเหลี่ยมแบนราบได้ไม่ถูกต้อง
16BR	0.30	วาดรูปร่างรูปร่างสามเหลี่ยมแบนราบแสดงอิเล็กตรอนได้ถูกต้อง
16BW	0	วาดรูปร่างรูปร่างสามเหลี่ยมแบนราบไม่มีการแสดงอิเล็กตรอน
16CR	0.20	วาดรูปร่างแสดงมุมได้ถูกต้อง
16CW	0	วาดรูปร่างไม่แสดงมุม

3.4 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์ ทั้งหมด 2 ห้อง จำนวน 29 คน

3.4.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ในกลุ่มตัวอย่าง โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มนาทิทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที

3.4.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพในชั้นสร้างความสนใจตามแผนการเรียนรู้จำนวน 4 แผนรวม 12 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

3.4.3 ทดสอบหลังเรียน (Post-test) ในกลุ่มตัวอย่าง โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มนาทิทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ชุดเดิมแต่มีการสลับข้อคำถาม และสลับตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.5.1 ตั้งเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบวัดความเข้าใจโน้มนาทิแต่ละข้อตามเกณฑ์ของ ศักดิ์ศรี สุภาพร และคณะ (2559) โดยขั้นที่ 1 เป็นแบบปรนัย นักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูกได้ 1 และนักเรียนที่ตอบตัวเลือกผิดได้ 0 และขั้นที่ 2 เป็นการเขียนหรือวาดภาพแสดงเหตุผลสำหรับคำตอบขั้นที่ 1 โดยผู้ตรวจจะพิจารณาการให้คะแนนตามประเด็นที่ตั้งไว้ในแต่ละข้อ ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้ง 0.00, 0.25, 0.5 หรือ 0.75 คะแนน เมื่อรวมทุกประเด็นคำตอบที่ครอบคลุมแล้วจะได้คะแนนเต็มในขั้นนี้ 1 คะแนน จากนั้นนำคะแนนทั้ง 2 ขั้น มารวมกัน และจำแนกกลุ่มความเข้าใจโน้มนาทิของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจาก สุภาพ ตาเมือง กานต์ตะรัตน์ วุฒิสเลา และศักดิ์ศรี สุภาพร (2560) ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 3.3 แนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนจากแบบวัดมโนมิติวิทยาศาสตร์

กลุ่มความเข้าใจโนมิตี	การพิจารณาคำตอบในแต่ละส่วน	
	ตัวเลือก	เหตุผล*
กลุ่มความเข้าใจโนมิตีถูกต้องสมบูรณ์ (SU)	ถูกต้อง	ถูกต้องสมบูรณ์ (มี S ครบ)
กลุ่มความเข้าใจโนมิตีถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	ถูกต้อง	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และไม่มีส่วนผิด (มี S ไม่ครบ แต่ไม่มี M)
กลุ่มความเข้าใจโนมิตีถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU)	ถูกต้อง	ถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (มีทั้ง S และ M)
	ผิด	ถูกต้องอย่างสมบูรณ์ (มี S ครบ)
	ผิด	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (มี S ไม่ครบ แต่ไม่มี M)
กลุ่มความเข้าใจโนมิตีผิด (MU)	ผิด	ถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (มีทั้ง S และ M)
	ผิด	ไม่ถูกต้อง แต่ยังเกี่ยวข้องกับโจทย์ (มี M ไม่มี S)
กลุ่มไม่มีความเข้าใจโนมิตี (NU)	ผิด	ไม่เกี่ยวกับโจทย์/ไม่แสดงเหตุผล(ไม่มีทั้ง S และ M)
กลุ่มไม่มีคำตอบ (NR)	ถูกต้องหรือผิด	ไม่แสดงเหตุผล

*S และ M แทนรหัสของมโนมิติที่ถูกต้องและผิด

3.5.2 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังมีการคำนวณความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งในกรณีที่เป็นร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (% actual learning gain) ซึ่งคำนวณจากร้อยละของคะแนนหลังเรียนลบด้วยร้อยละของคะแนนก่อนเรียน และในกรณีที่เป็นความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ (normalized learning gain: <g>) ซึ่งคำนวณตามสูตรของ Hake (1998) ได้แก่ $\langle g \rangle = (\% \text{post-test} - \% \text{pre-test}) / (100\% - \% \text{pre-test})$ โดยที่ค่า <g> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.30 จัดเป็น

ความก้าวหน้าระดับต่ำ ค่า g มากกว่า 0.30 แต่น้อยกว่า 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับปานกลาง และค่า g มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับสูง

$$g = \frac{(\%post-test - \%pre-test)}{(100\% - \%pre-test)}$$

3.5.3 เปรียบเทียบร้อยละความเข้าใจโน้มนاسิของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนในกลุ่มความเข้าใจโน้มนาสิผิด คลาสเคลื่อน และถูกต้อง

บทที่ 4

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

จากการศึกษาคะแนนความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพในชั้นสร้างความสนใจ โดยผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัย และอภิปรายผล ดังนี้

4.1 คะแนนความเข้าใจนิมิตของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความเข้าใจนิมิต เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพในชั้นสร้างความสนใจ ทั้ง 4 เรื่อง (1) การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (2) การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (3) ความยาวพันธะ พลังงานพันธะและสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ และ (4) รูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนความเข้าใจนิมิตเป็น 11.11 (SD 3.08) และหลังเรียนมีคะแนนความเข้าใจนิมิตเป็น 23.64 (SD 4.96) คิดเป็นความก้าวหน้าทางการเรียนจริงร้อยละ 31.33 หรือมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ $<g>$ เป็น 0.43 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าปานกลาง” เมื่อวิเคราะห์จากคะแนนเฉลี่ยตัวเลือก และคะแนนเหตุผล พบว่า คะแนนตัวเลือกสูงกว่าเหตุผลในทุกหัวข้อ เนื่องจากการเลือกนั้นนักเรียนมีโอกาสที่จะได้คะแนนหรือไม่ก็ได้ แต่การเขียนเหตุผลในข้อสอบนั้นหากนักเรียนไม่เขียนหรือเขียนข้อความไม่ถูกต้อง ก็จะทำให้นักเรียนจะไม่ได้คะแนนหรือได้คะแนนแค่บางส่วน โดยคะแนนตัวเลือกก่อนเรียน เท่ากับ 7.72 (S.D. 2.34) และคะแนนตัวเลือกหลังเรียน เท่ากับ 14.76 (SD 2.68) คิดเป็นความก้าวหน้าทางการเรียนจริงร้อยละ 35.17 หรือมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ $<g>$ เป็น 0.57 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าปานกลาง” และคะแนนเหตุผลก่อนเรียน เท่ากับ 4.25 (SD 1.77) และคะแนนเหตุผลหลังเรียน เท่ากับ 8.88 (SD 2.17) คิดเป็นความก้าวหน้าทางการเรียนจริงร้อยละ 23.19 หรือมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ $<g>$ เป็น 0.29 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าต่ำ” จากการวิเคราะห์คะแนนความเข้าใจนิมิตของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่อิสระต่อกัน

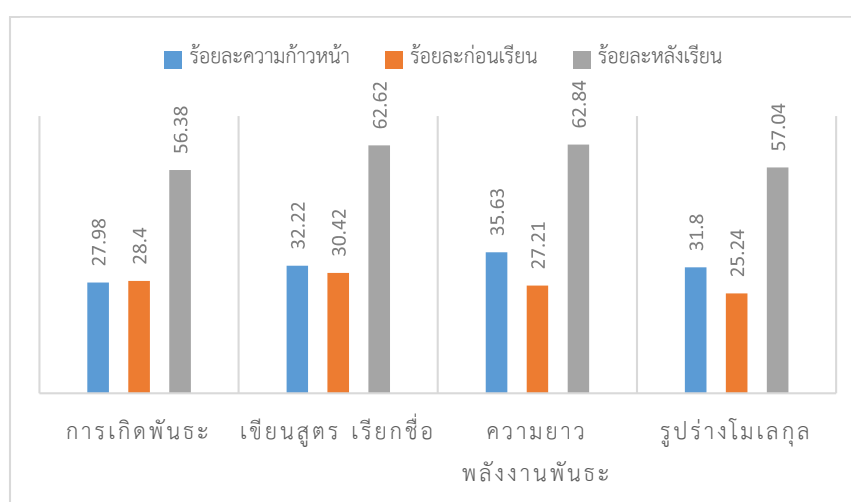
(dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจ โน้มนัติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโน้มนัติของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และ รูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

เรื่อง (คะแนนเต็ม)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ความก้าวหน้า		T*
	mean	SD	%	mean	SD	%	%	<g>	
1. การจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์									
ตัวเลือก (6)	2.17	1.49	36.20	4.45	1.18	74.14	37.94	0.59	6.84*
เหตุผล (6)	1.24	0.74	20.60	2.31	0.80	38.62	18.02	0.23	4.96*
รวม (12)	3.40	1.49	28.40	6.77	1.70	56.38	27.98	0.39	7.42*
2. การเขียนสูตร เรียกชื่อสารโคเวเลนต์									
ตัวเลือก (5)	2.79	1.18	55.86	3.39	1.03	78.62	22.76	0.52	6.16*
เหตุผล (5)	1.21	0.70	24.28	2.33	1.44	46.62	22.34	0.30	5.96*
รวม (10)	3.04	1.05	30.40	6.26	2.30	62.62	32.22	0.46	8.81*
3. ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ สภาพขั้วพันธะ									
ตัวเลือก (3)	0.65	0.48	21.83	2.17	0.80	72.41	50.58	0.65	8.60*
เหตุผล (3)	0.63	0.37	21.09	1.60	0.67	53.39	32.30	0.41	7.10*
รวม (6)	1.63	0.90	27.21	3.71	1.28	62.84	35.63	0.49	7.54*
4. รูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์									
ตัวเลือก (6)	2.10	1.11	35.05	4.20	1.26	70.11	35.06	0.54	7.03*
เหตุผล (6)	1.16	0.53	19.45	2.64	1.94	43.97	24.52	0.30	7.28*
รวม (12)	3.03	1.21	25.24	6.84	2.19	57.04	31.80	0.43	8.38*
รวม									
ตัวเลือก (20)	7.72	2.34	38.62	14.76	2.68	73.79	35.17	0.57	12.45*
เหตุผล (20)	4.25	1.77	21.25	8.88	2.17	44.44	23.19	0.29	11.45*
รวม (40)	11.11	3.08	27.78	23.64	4.96	59.11	31.33	0.43	12.83*

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้าใจโน้มนำ จำแนกตามเนื้อหา ได้แก่ เรื่อง (1) การจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (2) การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (3) ความยาวพันธะ พลังงานพันธะและสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ และ (4) รูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้มนำเป็น 3.40 (SD 1.49), 3.04 (SD 1.05), 1.63 (SD 0.90) และ 3.03 (SD 1.21) หลังเรียนเป็น 6.77 (SD 1.70), 6.26 (SD 2.30), 3.71 (SD 1.28) และ 6.84 (SD 2.19) ตามลำดับ และนักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริงเป็น 27.98, 32.22, 35.63, และ 31.80 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ $<g>$ เป็น 0.39, 0.46, 0.49, และ 0.43 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าปานกลาง” ทุกหัวข้อจากการวิเคราะห์คะแนนความเข้าใจโน้มนำของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้มนำเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 เนื้อหา ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ไม่ซับซ้อน เมื่อนักเรียนเข้าใจ ก็สามารถเข้าใจโน้มนำเรื่องนั้นได้ดี (พินิตา กันยะกาญจน์, 2557) ยังพบอีกว่านักเรียนมีร้อยละของคะแนนหลังเรียน และร้อยละความก้าวหน้าต่ำสุดในหัวข้อการจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ และการเกิดพันธะโคเวเลนต์คือมีคะแนนร้อยละหลังเรียน เท่ากับ 56.38 ร้อยละความก้าวหน้าเท่ากับ 27.98 และ $<g>$ เท่ากับ 0.39 เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่แรก และต้องเข้าใจการจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ของธาตุก่อนจึงสามารถที่จะบอกว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นได้อย่างไร ด้วยธรรมชาติของวิชาเคมี ประกอบด้วยมโนคติที่เป็นนามธรรม ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งต้องใช้จินตนาการในการคิดเชื่อมโยงเนื้อหากับประสบการณ์ (อรรพรรณ หอมพรมมา, 2553)



ภาพที่ 4.1 ร้อยละความก้าวหน้าความเข้าใจโน้มนำ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

จากข้อมูล ภาพที่ 4.1 จะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (%actual learning gain) และความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ (normalized learning gain: <g>) ของเนื้อหาย่อยทั้ง 4 เรื่อง โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย พบว่า เนื้อหาย่อยเรื่องที่ (3) เป็นเรื่องที่มีนักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง และความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากก่อนเรียนนักเรียนมีร้อยละคะแนนความเข้าใจโน้มนำในเรื่องนี้น้อยที่สุด แล้วหลังจากที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การทำ ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และเป็นกิจกรรมที่มองเป็นรูปธรรม จึงเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจเป็นอย่างมาก และเกิดการเรียนรู้ได้ดี

ส่งผลให้ร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง และความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติสูงสุด อย่างไรก็ตามเมื่อนำร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติของเนื้อหาย่อยทั้ง 4 เรื่อง ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ก็ถือว่าอยู่ในระดับความก้าวหน้าเดียวกันคือ “ความก้าวหน้าระดับปานกลาง” เมื่อพิจารณาค่าที่แบบกลุ่มที่ศึกษาไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่ใช้เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนของเนื้อหาย่อยทั้ง 4 เรื่อง พบว่า เนื้อหาย่อยทั้ง 4 เรื่องนั้น นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้มนำเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ ในขั้นสร้างความสนใจ สามารถพัฒนาคะแนนความเข้าใจโน้มนำเรื่องนี้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้สูงขึ้นได้

4.2 ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจโน้มนำผิด คลาดเคลื่อน และถูกต้อง

จากการวิเคราะห์ร้อยละความเข้าใจโน้มนำของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน จำแนกตามเนื้อหา ได้แก่ เรื่อง (1) การจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (2) การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (3) ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ และ (4) รูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ ซึ่งจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR) ไม่มีความเข้าใจโน้มนำ (NU) เข้าใจโน้มนำผิด (MU) ความเข้าใจโน้มนำถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) เข้าใจโน้มนำถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) และเข้าใจโน้มนำถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ก่อนเรียนเป็น 25.34, 5.86, 6.55, 34.48, 21.21 และ 6.55 ตามลำดับ และหลังเรียนเป็น 10.34, 2.41, 7.07, 18.10, 43.79 และ 18.28 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ร้อยละความเข้าใจนิมิตของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจนิมิตระดับต่าง ๆ

เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจนิมิต					
	SU	PU	PMU	MU	NU	NR
ก่อนเรียน	6.55	21.21	34.48	6.55	5.86	25.34
1. การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์	5.75	16.67	37.36	2.87	6.90	30.46
2. การเขียนสูตรเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	12.41	35.17	16.55	12.41	5.52	17.93
3. ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะ	4.60	8.05	36.78	13.79	5.75	31.03
4. รูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	3.45	20.69	45.40	1.72	5.17	23.56
หลังเรียน	18.28	43.79	18.10	7.07	2.41	10.34
1. การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์	16.09	45.98	16.67	10.92	2.30	8.05
2. การเขียนสูตรเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	30.34	40.00	17.24	6.90	2.07	3.45
3. ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะ	20.69	40.23	14.94	10.34	1.15	12.64
4. รูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	9.20	46.55	21.84	1.72	3.45	17.24
การเปลี่ยนแปลง*	11.73	22.58	-16.38	0.52	-3.45	-15
1. การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์	10.34	29.31	-20.69	8.05	-4.6	-22.41
2. การเขียนสูตรเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	17.93	4.83	0.69	-5.51	-3.45	-14.48
3. ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะ	16.09	32.18	-21.84	-3.45	-4.6	-18.39
4. รูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	5.75	25.86	-23.56	0.00	-1.72	-6.32

* เครื่องหมาย + และ - แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ

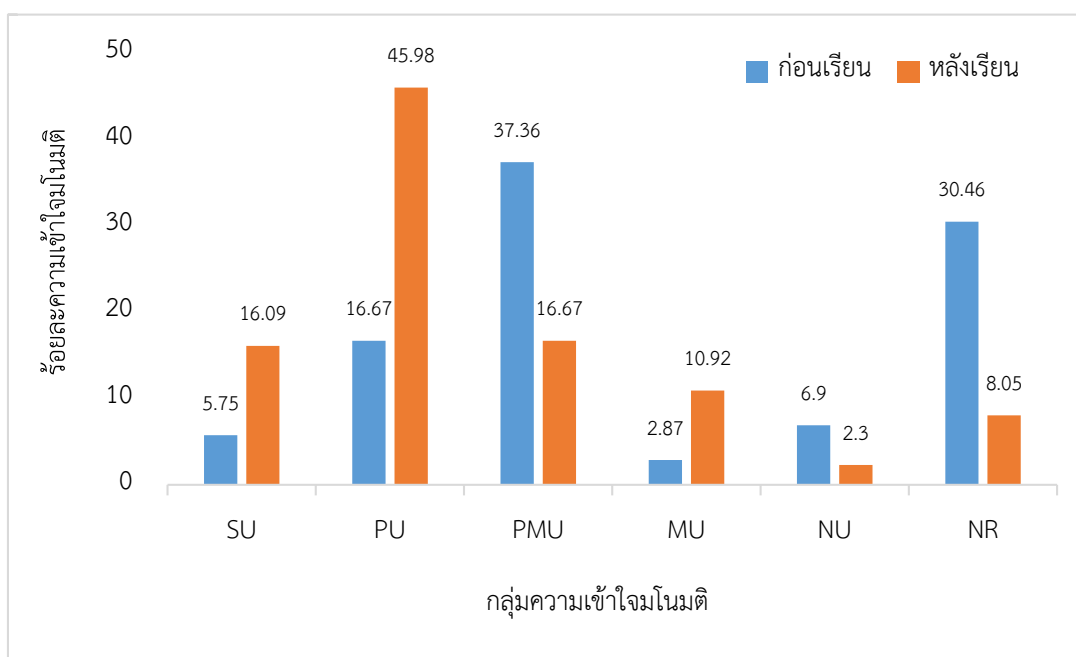
จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าก่อนเรียนจะมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มที่ไม่มีคำตอบ (NR = 25.34) ความเข้าใจนิมิตถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU = 34.48) และถูกบางส่วน (PU = 21.21) เป็นส่วนใหญ่ ภายหลังจากที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ พบว่าหลังเรียนจะมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มที่ไม่มีคำตอบ (NR = 10.34) ความเข้าใจนิมิตถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU = 18.12) และถูกบางส่วน (PU = 43.79) พบว่าหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนที่ไม่เข้าใจ (NU = 2.41) ซึ่งน้อยที่สุด และมีถูกบางส่วน (PU = 43.79) มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถพัฒนานิมนิตที่ถูกต้อง และลดนิมนิตที่ผิดนำไปสู่แนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

จากข้อมูลที่ยกมากล่าวข้างต้น จะพบว่า ก่อนเรียนมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจนิมนิตกลุ่มที่ไม่มีคำตอบ (NR = 25.34) ความเข้าใจนิมิตถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU = 34.48) และถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU = 21.21) รวมกันสูงมาก และมีความเข้าใจนิมนิตที่ถูกต้องต่ำ ภายหลังจากที่มีการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ

ในขั้นสร้างความสนใจ และขั้นสำรวจ และค้นหาเรียบร้อยแล้ว นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจ โนมติไปในทิศทางดีขึ้น นักเรียนที่มีความเข้าใจโนมติที่ไม่มีคำตอบสามารถพัฒนาไปอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจโนมติที่ถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจโนมติถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ ก็พัฒนาไปอยู่ในกลุ่มที่เข้าใจโนมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้ และไม่พบนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจโนมติที่ถูกต้องสมบูรณ์มีการพัฒนาลดลงเลย หลังจากที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ

4.2.1 ผลการวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมติก่อนเรียน และหลังเรียนรายเนื้อหา

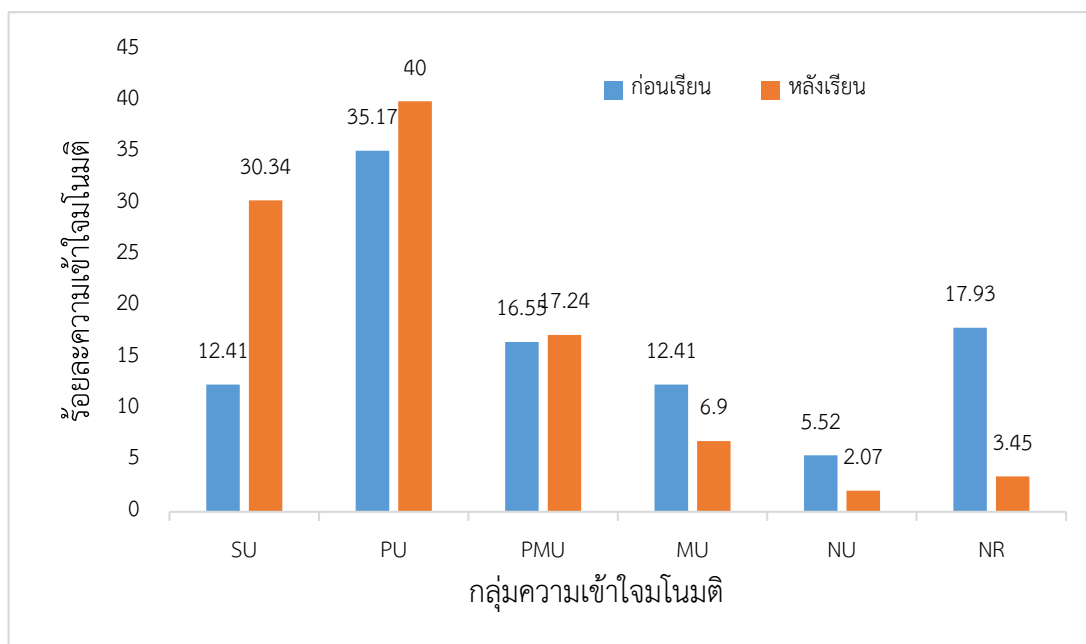
เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมติ ก่อนเรียน และหลังเรียน เนื้อหาที่ 1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พบว่า คะแนนร้อยละก่อนเรียน นักเรียนจะมีความเข้าใจโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วนมากที่สุด คือ ร้อยละ 37.36 ส่วนรองลงมาคือ กลุ่มไม่เขียนคำตอบ คือ ร้อยละ 30.46 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มเข้าใจโนมติที่ผิด คือ ร้อยละ 2.87 เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พบว่า ร้อยละความเข้าใจโนมติหลังเรียน นักเรียนมีความเข้าใจโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) มากที่สุดคือ ร้อยละ 45.98 รองลงมา คือ มโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และถูกต้องสมบูรณ์ (SU) คือ ร้อยละ 16.67 และ 16.09 ซึ่งจากภาพ 4.2 จะพบว่า ในส่วนของความเข้าใจโนมติที่ไม่เข้าใจ (NU) และไม่เขียนคำตอบมีร้อยละลดลง และพบว่ามีร้อยละความเข้าใจโนมติที่ไม่ถูกต้อง (MU) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ร้อยละ 2.87 เป็น ร้อยละ 10.92 อาจเป็นนักเรียนกลุ่มที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) และกลุ่มที่ไม่เข้าใจ (NU) ขยับมาเป็นกลุ่มที่ยังมีความเข้าใจโนมติที่ไม่ถูกต้อง ส่วนกลุ่มที่มีมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) จะพบว่ามีเข้าใจไปเป็นกลุ่มที่ เข้าใจถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ดังแสดงในภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจพื้นฐานก่อน แต่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน



ภาพที่ 4.2 ร้อยละความเข้าใจโมติก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ และการเกิดพันธะโคเวเลนต์

เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโมติ ก่อนเรียน และหลังเรียน เนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตร เรียกชื่อ สารประกอบโคเวเลนต์ พบว่า คะแนนร้อยละก่อนเรียน นักเรียนมีความเข้าใจโมติถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) มากที่สุด คือ ร้อยละ 35.17 ส่วนรองลงมาคือ กลุ่มไม่เขียนคำตอบ (NR) คือ ร้อยละ 17.93 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มโมติที่ไม่เข้าใจ (NU) คือ ร้อยละ 5.52 เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง การเขียนสูตร เรียกชื่อ สารประกอบโคเวเลนต์ พบว่า ร้อยละความเข้าใจโมติหลังเรียน นักเรียนมีความเข้าใจโมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) มากที่สุดคือ ร้อยละ 40.00 รองลงมา คือ กลุ่มเข้าใจโมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) คือ ร้อยละ 30.34 และจะพบว่า กลุ่มที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) ลดลงจากร้อยละ 17.93 เหลือ 3.45 และกลุ่มที่ไม่เข้าใจ (NU) ลดลงเหลือน้อยที่สุด คือ เหลือร้อยละ 2.07 จากข้อมูลพบว่าเรื่อง การเขียนสูตร เรียกชื่อ สารประกอบโคเวเลนต์ นักเรียนหลายคนอาจมีความรู้พื้นฐานเรื่องดังกล่าว ทำให้คะแนนร้อยละก่อนเรียนความเข้าใจโมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) และถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วนสูง เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นทำให้นักเรียนที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) กลุ่มที่ไม่เข้าใจ (NU) และกลุ่มที่เข้าใจไม่ถูกต้อง (MU) มีร้อยละคะแนนโมติที่เพิ่มสูงขึ้นมา แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจโมติที่สูงขึ้น เมื่อมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับ

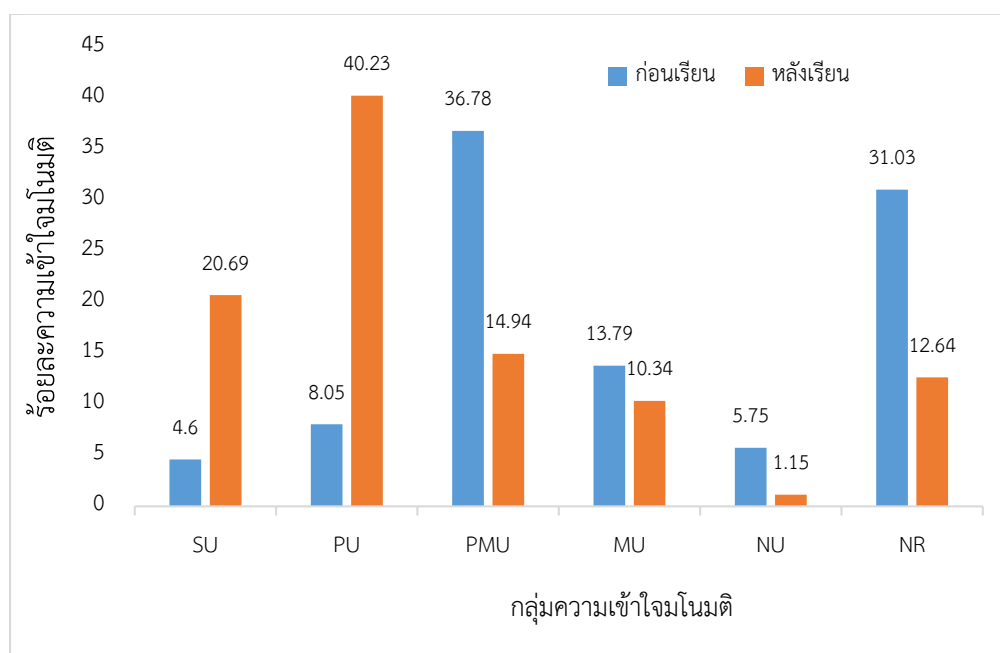
แบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสำรวจและค้นหา เรื่อง การเขียนสูตร เรียกชื่อ สารประกอบโคเวเลนต์
 ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ร้อยละความเข้าใจในโมเดลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การเขียนสูตร เรียกชื่อ
 สารประกอบโคเวเลนต์

เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจในโมเดล ก่อนเรียน และหลังเรียน
 เนื้อหาที่ 2 เรื่อง ความยาวพันธะ มุมพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ พบว่า คะแนนร้อยละ
 ก่อนเรียนนักเรียนมีความเข้าใจในโมเดลถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) มากที่สุด
 คือ ร้อยละ 36.78 ส่วนรองลงมาคือ กลุ่มไม่เขียนคำตอบ (NR) คือ ร้อยละ 31.03 และน้อยที่สุด
 คือ กลุ่มโมเดลที่ไม่เข้าใจ (NU) คือ ร้อยละ 4.60 เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น
 ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง ความยาวพันธะ มุมพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ พบว่า
 ร้อยละความเข้าใจในโมเดลหลังเรียน นักเรียนมีความเข้าใจในโมเดลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) มากที่สุด
 คือ ร้อยละ 40.23 รองลงมา คือ กลุ่มเข้าใจในโมเดลถูกต้องสมบูรณ์ (SU) คือ ร้อยละ 20.69 และ
 จะพบว่า กลุ่มเข้าใจในโมเดลถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) ลดลงจาก ร้อยละ 36.78
 เหลือ ร้อยละ 14.94 และกลุ่มที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) ลดลงจากร้อยละ 31.03 เหลือ 12.64 ซึ่งพบว่า
 นักเรียนที่เข้าใจในโมเดลถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วนมีการพัฒนาเป็นกลุ่มที่เข้าใจในโมเดล
 ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ส่วนนักเรียนมีความเข้าใจในโมเดลไม่เขียนคำตอบ
 (NR) และไม่เข้าใจ (NU) และเข้าใจในโมเดลที่ไม่ถูกต้อง (MU) พัฒนามาเป็นกลุ่มที่ถูกต้องบางส่วน และ

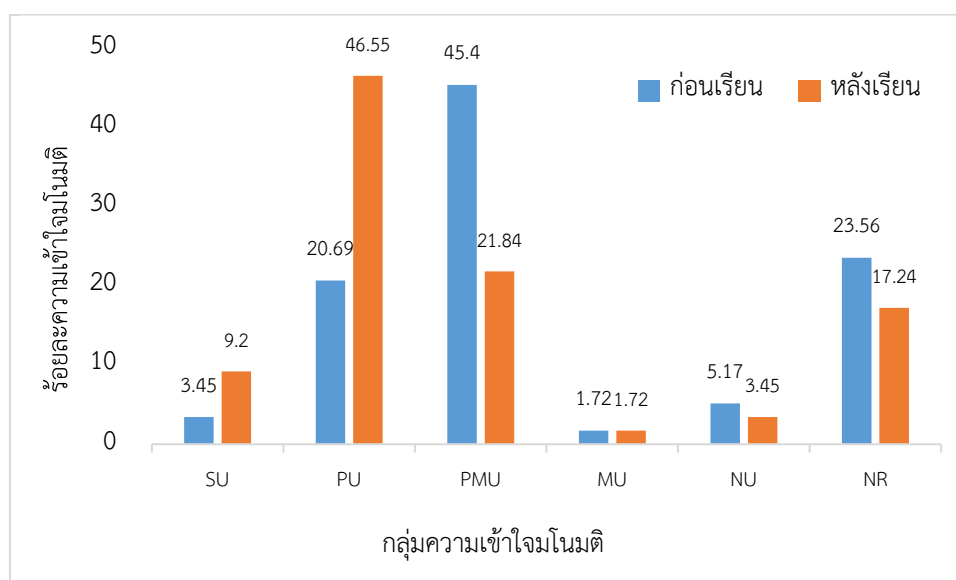
ไม่ถูกต้องบางส่วน แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสำรวจและค้นหา เรื่อง ความยาวพันธะ มุมพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจ สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เพราะนักเรียนได้ลงมือทำ ปฏิบัติการค้นหาคำตอบเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจมนต์ และมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ร้อยละความเข้าใจมนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ความยาวพันธะ มุมพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์

เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมนต์ ก่อนเรียน และหลังเรียน เนื้อหาที่ 2 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า คะแนนร้อยละ ก่อนเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมนต์ถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) มากที่สุด คือ ร้อยละ 45.40 ส่วนรองลงมาคือ กลุ่มไม่เขียนคำตอบ (NR) คือ ร้อยละ 23.56 และน้อยที่สุด คือ กลุ่มมนต์ที่ไม่ถูกต้อง (MU) คือ ร้อยละ 1.72 เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า ร้อยละความเข้าใจมนต์หลังเรียน นักเรียนมีร้อยละคะแนนความเข้าใจมนต์ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) มากที่สุดคือ ร้อยละ 46.55 เพิ่มขึ้นร้อยละ 25.86 ซึ่งถือว่ามากที่สุด และจะพบว่า กลุ่มเข้าใจมนต์ถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) ลดลงจาก ร้อยละ 45.40 เหลือ ร้อยละ 21.84 ซึ่งลดลง -23.56 กลุ่มเข้าใจมนต์ถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) มีการพัฒนาไปเป็น

กลุ่มที่เข้าใจแนวคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และกลุ่มที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) ลดลงจากร้อยละ 31.03 เหลือ 12.64 ซึ่งพบว่านักเรียนที่เข้าใจแนวคิดถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วนมีการพัฒนาเป็นกลุ่มที่เข้าใจแนวคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ส่วนนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดไม่เขียนคำตอบ (NR) และไม่เข้าใจ (NU) และเข้าใจแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (MU) พัฒนามาเป็นกลุ่มที่ถูกต้องบางส่วน และไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสำรวจ และค้นหา เรื่อง ความยาวพันธะ มุมพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ อาจเป็นเนื่องจากแบบจำลองเชิงกายภาพนั้น สามารถทำให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ ได้ด้วยตนเอง เพราะนักเรียนได้สัมผัส ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ปฏิบัติการค้นหาคำตอบเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิด และมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ร้อยละความเข้าใจแนวคิดก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์

จากผลการวิเคราะห์ห้มนิเทศก่อนเรียน และหลังเรียน พบว่าก่อนเรียน ทุกเนื้อหา นักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มมโนคติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) สูงกว่ามโนคติอื่น รองลงมาคือมโนคติที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) และมโนคติผิด (MU) ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาร้อยละมโนคติหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีร้อยละ มโนคติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) ลดลงในทุกมโนคติ ซึ่งมโนคติ MU+PMU+PU จัดเป็น กลุ่มความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อน (Alternative Conceptual Understanding: AU) และผลรวม ร้อยละมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ และมโนคติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU+SU) มีค่าเพิ่ม

มากขึ้น ในขณะที่ ผลรวมร้อยละมโนมติกกลุ่มไม่มีมโนมติ และมโนมติเข้าใจผิด (NU+MU) ลดน้อยลง แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถพัฒนามโนมติที่ถูกต้อง และลดมโนมติที่ผิด นำไปสู่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยมโนมติผิดหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ค้นคว้าด้วยตนเอง นักเรียนได้สำรวจ และค้นหาคำตอบจากแบบจำลองเชิงกายภาพด้วยตนเอง ได้สัมผัส การประดิษฐ์แบบจำลองเชิงกายภาพ นักเรียนได้ฝึกฝนความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และจินตนาการ ทำให้เกิดความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องมากขึ้น

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้าใจมโนมติที่ไม่มีคำตอบ (NR) กลุ่มไม่มีความเข้าใจมโนมติ (NU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติผิด (MU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมทุกเนื้อหา มีการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้าใจมโนมติที่ไม่มีคำตอบหรือไม่เขียนคำตอบ (NR) มีแนวโน้มลดลง (-15.00) มีร้อยละความเข้าใจมโนมติในระดับต่ำ (MU+NU) มีแนวโน้มลดลง (-2.93) ส่วนความเข้าใจมโนมติระดับปานกลาง (PMU) มีแนวโน้มลดลง (-16.38) และ ความเข้าใจมโนมติระดับมาก (PU+SU) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (+34.31)

4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจมโนมติของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียน จำแนกตามเนื้อหา คือ (1) การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (2) การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (3) ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ (4) รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ หลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในขั้นสร้างความสนใจ และขั้นสำรวจและค้นหา ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

เรื่องที่ 1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
1	การจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (6 ข้อ) 1. ธาตุ A, B, C และ D ธาตุใดไม่สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ ก. ธาตุ A ข. ธาตุ B ☒ ธาตุ C ง. ธาตุ D ให้นักเรียนจัดเรียงอิเล็กตรอน พร้อมทั้งบอกค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี พลังงานไอออไนเซชัน ว่าสูงหรือต่ำ ธาตุ C จัดเรียง $1s^2 2s^2 2p^2$ ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี ธาตุ C พลังงานไอออไนเซชัน ธาตุ C	นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกถูกต้องและประเด็นของเหตุผลถูกต้องทั้ง 3 ประเด็น คือ (1) การจัดเรียงอิเล็กตรอนถูกต้อง ค่า EN ถูกต้อง (3) ค่า IE ถูกต้อง จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีถูกต้องสมบูรณ์ (SU)
2	2. ธาตุ A, B, C และ D ธาตุใดที่สามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ได้ ☒ A และ B ข. C และ D ค. D และ E ง. A และ D แสดงเหตุผล เพราะ A สามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนได้ 2.6 ส่วน B จัดเรียงอิเล็กตรอน 2.4 ค่า A และ B มีอิเล็กตรอนเหมือนกัน	นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกไม่ถูกต้อง และประเด็นของเหตุผลไม่ถูกต้อง แต่จัดเรียงอิเล็กตรอนของ A และ B ถูก แต่ยังขาดเหตุผลทั้ง 3 ประเด็น (1) จัดเรียงอิเล็กตรอนถูก (2) ธาตุทั้งสองเป็นอโลหะ (3) ค่า IE สูง จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีผิด (MU)
3	3. สารประกอบโคเวเลนต์ใดต่อไปนี้ที่อะตอมกลางไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ก. PCl_3 ข. CO_2 ค. CH_4 ☒ BF_3 จงแสดงโครงสร้างแบบจุดของลิแกนด์ของสารประกอบที่เลือกข้างต้น $\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} F \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ F \end{array}$	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้องและประเด็นของเหตุผลทั้ง 3 ประเด็นถูกต้อง (1) จุดลิแกนด์ของ F ถูกต้อง (2) จุดลิแกนด์ของ B ถูกต้อง (3) รูปร่างโมเลกุลถูกต้องจึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีถูกต้องสมบูรณ์ (SU)
4	4. โครงสร้างแบบจุดของลิแกนด์ในข้อ ผิด ☒ $\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array}$ ข. $H:\ddot{O}:H$ ค. $H:\ddot{N}:H$ ง. $N \equiv C:H$ คาร์บอนใช้อิเล็กตรอนคู่ในการเกิดพันธะกับออกซิเจน และเกิดเป็นพันธะอะไร พันธะคู่กับออกซิเจน 2 คู่ กับไฮโดรเจน 1 คู่ เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้องและประเด็นของเหตุผลถูกต้อง 1 ประเด็น ยังขาดประเด็นที่ (2) คืออิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 4 คู่ จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)
5	5. ธาตุใด ไม่ สามารถเกิดพันธะสามได้ ก. คาร์บอน กับ คาร์บอน ข. คาร์บอน กับ ไนโตรเจน ค. ไนโตรเจน กับ ไนโตรเจน ☒ คาร์บอน กับ ออกซิเจน จงเขียนโครงสร้างการเกิดพันธะของธาตุ คาร์บอน $C-O, C=O$ เท่านั้น	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง แต่ประเด็นเหตุผลไม่ถูกต้องทั้ง 3 ประเด็น จึงจัดอยู่ในกลุ่มไม่เข้าใจโนมิตี (NU)

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

เรื่องที่ 1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (ต่อ)

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
6	6. สารในข้อใดไม่เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ทุกตัว ก. CO NO SO₂ ข. CO₂ NO₂ SO₂ ค. NaCl AlCl₃ KCl ง. CCl₄ CH₄ BeCl₂ เหตุผล เพราะมันมีไอออนิก	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง แต่ประเด็นเหตุผลถูกต้อง 1 ประเด็น คือเป็นสารประกอบไอออนิก และยังขาดอีก 2 ประเด็นไม่ถูกต้อง (1) การเขียนอิเล็กตรอนแสดงในธาตุทั้งสอง และมีค่า IE ต่ำ จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

ผลการวิเคราะห์ จากแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือกสองลำดับชั้น เรื่องที่ 1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 6 ข้อ เมื่อพิจารณาคะแนนจากข้อสอบในส่วนที่เป็นตัวเลือกและเหตุผล พบว่า คะแนนตัวเลือกสูงกว่าเหตุผลในทุกหัวข้อ ทั้งนี้เนื่องจากการเลือกตัวเลือกนั้นนักเรียนมีโอกาสได้คะแนนจากการเลือกถึงแม้ว่าอาจจะไม่มีองค์ความรู้เลย แต่การเขียนเหตุผลนั้น หากนักเรียนไม่เขียนหรือเขียนข้อความไม่ถูกต้อง นักเรียนจะไม่ได้คะแนนหรือได้คะแนนแค่บางส่วน ดังนั้นการระบุเหตุผลจึงถือว่าเป็นข้อสอบที่ยากพอสมควร โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนตัวเลือก และเหตุผล เท่ากับ 4.45 (ร้อยละ 74.14 <g> = 0.59) และ 2.31 (ร้อยละ 38.62 <g> = 0.23) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 2

การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง)

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
7	7. สารประกอบใดต่อไปนี้ เมื่อเขียนสูตรแบบจุดของลิวอิสแล้วในโครงสร้างจะมีทั้งพันธะเดี่ยวและพันธะสามในโมเลกุล ก. H₂SO₄ ข. HCN ค. H₂CO₃ ง. H₃PO₄ จงเขียนสูตรแบบจุดของสารประกอบที่เลือกในข้างต้น $\begin{array}{c} \text{H} \cdot \quad \cdot \text{C} \cdot \quad \cdot \text{N} \cdot \\ \text{H} : \text{C} :: \text{N} : \rightarrow \text{H} - \text{C} \equiv \text{N} \end{array}$ พันธะเดี่ยว พันธะสาม	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง ประเด็นเหตุผลถูกต้องทั้ง 3 ประเด็น คือ (1) เขียนอิเล็กตรอนของ C N และ H ได้ถูกต้อง (2) เขียนโครงสร้างถูกต้อง (3) แสดงจุดลิวอิสได้ถูกต้อง จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (SU)

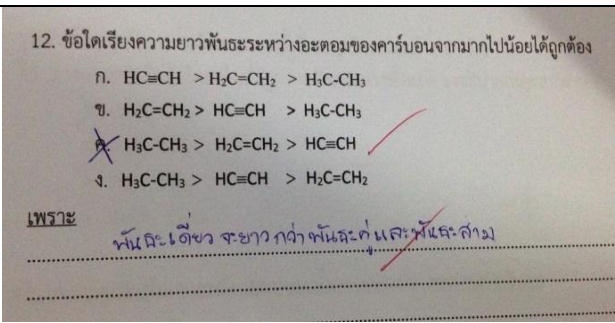
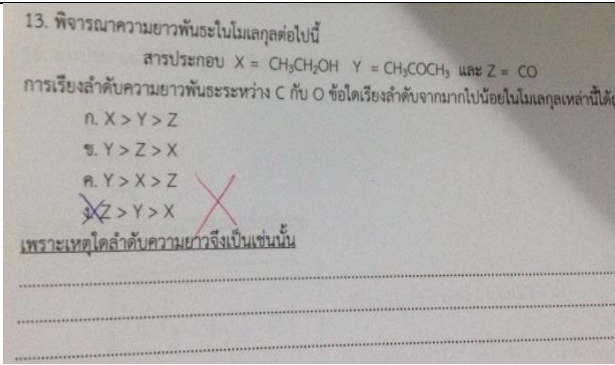
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 2
การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง) (ต่อ)

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
8	8. สารประกอบที่เกิดจากธาตุ A และ B จะมีสูตรอย่างไร และอ่านชื่ออย่างไร ก. HS โมโนไฮโดรเจนซัลไฟด์ ข. HS₂ ไดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ค. H₂S ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ง. HS₂ มอนอไฮโดรเจนไดซัลไฟด์ เพราะ H₂ มีพันธะอิเล็กตรอน 1 ✓ S₂ มีพันธะอิเล็กตรอน 6 ✓ H-S X	นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกไม่ถูกต้องและประเด็นของเหตุถูกต้อง 1 ประเด็น คือ การแสดงจุดลิวอิส แต่ยังขาดเหตุผล อีก 1 ประเด็น คือการเขียนสูตรโครงสร้างไม่ถูกต้อง จึงจัดอยู่ในความเข้าใจโนมิตีถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU)
9	9. ธาตุ ก อยู่หมู่ที่ 2 และคาบที่ 3 ถ้าธาตุ ก เกิดเป็นสารประกอบคลอไรด์ จำนวนอะตอมคลอรีนสูงสุดที่สามารถเกิดพันธะกับธาตุ ก ได้จะเป็นเท่าใด ก. 4 อะตอม ข. 3 อะตอม ค. 2 อะตอม ✓ ง. 1 อะตอม จงเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ ก และ คลอรีน เพื่อแสดงว่าธาตุ ก เกิดพันธะกับธาตุคลอรีนได้สูงสุดกี่อะตอม จาก การจัดอิเล็กตรอน 9 8 2 ✓ คลอรีน 7 2 8 7 ✓	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง แต่ประเด็นเหตุผลถูกต้อง 1 ประเด็น คือ จัดเรียงอิเล็กตรอนถูก และยังขาดอีก 2 ประเด็นไม่ถูกต้อง (1) การแสดงจุดลิวอิสของธาตุทั้งสอง (2) การเขียนโครงสร้างสารประกอบโคเวเลนต์จึงจัดอยู่ในความเข้าใจโนมิตีถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)
10	10. การอ่านชื่อของสารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดผิด ก. SiS₂ ซิลิคอนไดซัลไฟด์ ข. F₂O ไดฟลูออรีนออกไซด์ ค. BF₃ โบรอนไตรฟลูออไรด์ ง. N₂O₃ ไดไนโตรเจนไดรอกไซด์ ชื่อที่ถูกต้องของสารประกอบที่เลือก คือ ไนโตรเจนไตรออกไซด์ X	นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกไม่ถูกต้อง และประเด็นของเหตุไม่ถูกต้อง ทั้ง 2 ประเด็น คือ ไม่แสดงอิเล็กตรอน (จุดลิวอิส) ของธาตุทั้งสองที่สามารถเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ และการเขียนชื่อสารไม่ถูกต้อง จึงจัดอยู่ในความเข้าใจโนมิตีผิด (MU)
11	11. การอ่านชื่อของสารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดผิด ก. P₄O₁₀ ฟอสฟอรัสเตทราออกไซด์ ข. F₂O ไดฟลูออรีนออกไซด์ ค. BF₃ โบรอนไตรฟลูออไรด์ ง. Cl₂O₃ ไคลอโรซีนเฮกซะออกไซด์ ชื่อที่ถูกต้องของสารประกอบที่เลือกคือ P₄O₁₀ อ่านว่า เทตระฟอสฟอรัสเตทราออกไซด์ ✓	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง ประเด็นเหตุผลถูกต้อง 1 ข้อ คือ เขียนชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง และประเด็นที่ 2 ผิด คือไม่แสดงสูตรโครงสร้าง แสดงจุดอิเล็กตรอนของลิวอิส จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

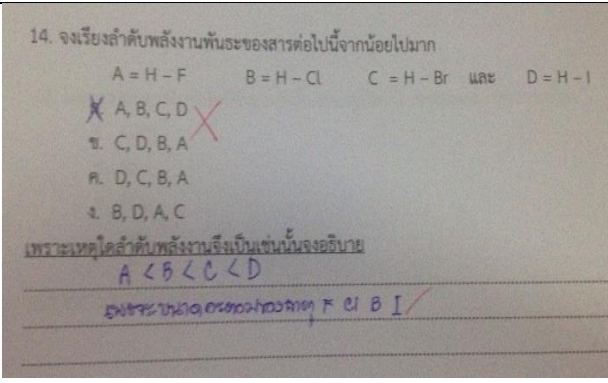
ผลการวิเคราะห์ จากแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือกสองลำดับชั้น เรื่องที่ 2 การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ จำนวน 5 ข้อ เมื่อพิจารณาคะแนนจากข้อสอบในส่วนที่เป็นตัวเลือกและเหตุผล พบว่า คะแนนตัวเลือกกับเหตุผลในทุกข้อ เกือบเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากแบบจำลองเชิงกายภาพ ทำให้มองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น บางครั้งการเลือกตัวเลือกนั้น นักเรียนมีโอกาสได้คะแนนจากการเลือกถึงแม้ว่าอาจจะไม่มีองค์ความรู้เลย แต่การเขียนเหตุผลนั้น นักเรียนสามารถเขียนได้ถูกต้องสมบูรณ์หรือเขียนถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ก็จะทำให้ให้นักเรียนได้คะแนนสูงเท่าคะแนนตัวเลือก ดังนั้นการระบุเหตุผลจึงถือว่าเป็นข้อสอบที่ไม่ยาก โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ตัวเลือกและเหตุผล เท่ากับ 3.39 (ร้อยละ 78.62 $<g> = 0.52$) และ 2.33 (ร้อยละ 46.62 $<g> = 0.30$) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมติของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 3

ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง)

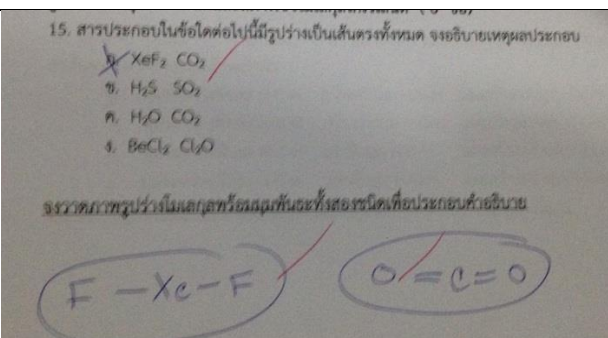
ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
12		นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง ประเด็นเหตุผลถูกต้อง 1 ประเด็น คือ เรียงความยาวพันธะของทั้ง 3 พันธะได้ถูกต้อง และอีก 2 ประเด็น ไม่ถูกต้อง คือไม่สามารถอธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว คู่ และสามได้ถูกต้อง จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมติถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU)
13		นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือก ไม่ถูกต้อง และประเด็นของเหตุไม่ถูกต้อง คือ ไม่เขียนเหตุผล คือ 1 ไม่เขียนอธิบายการเกิดพันธะระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจน ประเด็นที่ 2 ไม่เขียนโครงสร้างของสารที่ถูกต้อง และประเด็นที่ 3 ไม่แสดงพันธะที่เกิดขึ้นของสารที่ถูกต้อง จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมติไม่เขียนคำตอบ (NR)

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 3
ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง)
(ต่อ)

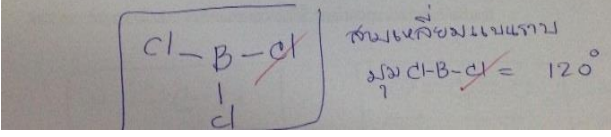
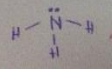
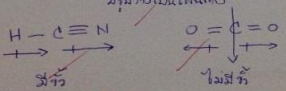
ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
14		นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกไม่ถูกต้อง และประเด็นของเหตุถูกต้อง 1 ประเด็น คือ เรียงลำดับขนาดอะตอมได้ถูกต้อง ยังขาดอีก 2 ประเด็นไม่ถูกต้อง คือ ประเด็นที่ 1 ไม่เรียงพลังงานพันธะ และ ประเด็นที่ 2 ไม่เรียงค่า EN ของฮาโลเจน จึงจัดอยู่ในกลุ่มไม่เข้าใจโนมิตี (NU)

ผลการวิเคราะห์ จากแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือกสองลำดับขั้น เรื่องที่ 3 ความยาวพันธะ พลังงานพันธะและสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 3 ข้อ เมื่อพิจารณาคะแนนจากข้อสอบในส่วนที่เป็นตัวเลือก และเหตุผล พบว่า คะแนนตัวเลือกสูงกว่าเหตุผลในทุกหัวข้อ ทั้งนี้เนื่องจากการเลือกตัวเลือกนั้นนักเรียนมีโอกาสได้คะแนนจากการเลือกถึงแม้ว่าอาจจะไม่ม้องค์ความรู้เลย แต่การเขียนเหตุผลนั้น หากนักเรียนไม่เขียนหรือเขียนข้อความไม่ถูกต้อง นักเรียนจะไม่ได้คะแนนหรือได้คะแนนแค่บางส่วน ดังนั้นการระบุเหตุผลจึงถือว่าเป็นข้อสอบที่ยากพอสมควร โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนตัวเลือก และเหตุผล เท่ากับ 2.17 (ร้อยละ 72.41 $<g> = 0.65$) และ 1.60 (ร้อยละ 53.39 $<g> = 0.41$) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5

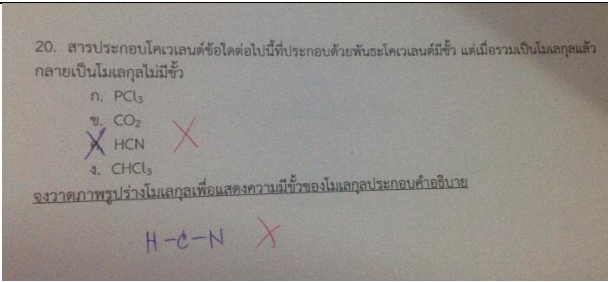
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมิตีของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 4
รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง)

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
15		นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง ประเด็นเหตุผลถูกต้อง 1 ประเด็น คือ เขียนโครงสร้างของสารทั้ง 2 ถูกต้อง และอีก 1 ประเด็นไม่ถูกต้อง คือ ไม่บอกมุมพันธะของสาร จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโนมิตีถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโมติของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 4
รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง) (ต่อ)

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
16	16. สารประกอบในข้อใดมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมแบนราบ (Trigonal planar) ☒ BCl₃ ☐ NH₃ ☐ PCl₃ ☐ PH₃ จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลประกอบคำอธิบาย  สามเหลี่ยมแบนราบ $\angle \text{Cl-B-Cl} = 120^\circ$	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง ประเด็นเหตุผลถูกต้องทั้ง 3 ประเด็น คือ (1) แสดงรูปร่างแสดงมุม (2) วาดรูปโครงสร้างได้ถูกต้อง และ (3) ตอบรูปร่างสามเหลี่ยมแบนราบได้ถูกต้อง จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU)
17	17. โมเลกุลของสารในข้อใดมีจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางมากที่สุด ก. CaCl₂ ☒ NH₃ ☒ PCl₃ ☐ H₂O จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลประกอบคำอธิบาย คู่: 1 ตัว H = 3 ตัว 	นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกไม่ถูกต้องและประเด็นของเหตุผลถูกต้อง 2 ประเด็น คือ (1) เขียนจุดอิเล็กตรอนและโครงสร้างถูกต้อง ยังขาดอีก 1 ประเด็นไม่ถูกต้อง คือ ไม่แสดงมุมพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโมติไม่ถูกต้อง (MU)
18	18. มุมระหว่างพันธะ H-C-H ในโมเลกุล CH₄ , มุม H-O-H ในโมเลกุล H₂O และมุม H-N-H ในโมเลกุล NH₃ มีลำดับความกว้างของมุมเป็นอย่างไร ☒ มุมระหว่างพันธะ H-C-H กว้างกว่ามุม H-N-H และกว้างกว่ามุม H-O-H ☐ มุมระหว่างพันธะ H-N-H กว้างกว่ามุม H-O-H และกว้างกว่ามุม H-C-H ☐ มุมระหว่างพันธะ H-C-H เท่ากับมุม H-N-H และกว้างกว่ามุม H-O-H ☐ มุมระหว่างพันธะ H-C-H เท่ากับมุม H-O-H และกว้างกว่ามุม H-N-H จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลแสดงการลัดกันของคู่อิเล็กตรอนเพื่อประกอบคำอธิบาย	นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกถูกต้อง และประเด็นของเหตุผลไม่ถูกต้อง คือ ไม่เขียนเหตุผล (1) ไม่วาดรูปโมเลกุลโคเวเลนต์ (2) ไม่แสดงมุมพันธะ และ (3) ไม่แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโมติไม่เขียนคำตอบ (NR)
19	19. สารประกอบคู่ใดต่อไปนี้ที่มีรูปร่างโมเลกุลเหมือนกัน แต่โมเลกุลหนึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้ว และอีกโมเลกุลหนึ่งเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ☒ HCN กับ CO₂ ☐ NH₃ กับ PCl₃ ☐ CH₄ กับ XeF₄ ☐ PCl₅ กับ IF₅ จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลเพื่อแสดงความมีขั้วของโมเลกุลประกอบคำอธิบาย มีขั้ว เป็นเส้นทแยง  มีขั้ว ไม่มีขั้ว	นักเรียนตอบประเด็นตัวเลือกถูกต้อง ประเด็นเหตุผลถูกต้อง 2 ประเด็น คือ วาดรูปโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง (2) แสดงสภาพขั้วโมเลกุลได้ถูกต้อง และอีก 1 ประเด็นไม่ถูกต้อง คือ ไม่เปรียบเทียบค่า EN ของธาตุ จึงจัดอยู่ในกลุ่มเข้าใจโมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจโนมติของนักเรียนจากแบบทดสอบ เรื่องที่ 4
รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ (จัดในรูปตาราง) (ต่อ)

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
20		นักเรียนตอบประเด็นของตัวเลือกไม่ถูกต้อง และประเด็นของเหตุไม่ถูกต้อง คือ (1) ไม่แสดงสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ (2) ไม่วาดภาพรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ (3) ไม่แสดงค่า EN ของธาตุ จึงจัดอยู่ในความเข้าใจโนมติผิด (MU)

ผลการวิเคราะห์ จากแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือกสองลำดับขั้น แบบทดสอบ เรื่องที่ 4 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 6 ข้อ เมื่อพิจารณาคะแนนจากข้อสอบในส่วนที่เป็นตัวเลือกและเหตุผล พบว่า คะแนนตัวเลือกสูงกว่าเหตุผลในทุกหัวข้อ ทั้งนี้เนื่องจากการเลือกตัวเลือกนั้นนักเรียนมีโอกาสได้คะแนนจากการเลือกถึงแม้ว่าอาจจะไม่ม้องค์ความรู้เลย แต่การเขียนเหตุผลนั้น นักเรียนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการเกิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และหลักการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ทำให้นักเรียนได้คะแนนหรือไม่ได้คะแนนแค่บางส่วน ดังนั้นการระบุเหตุผลจึงถือว่าเป็นข้อสอบที่ยากพอสมควร โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนตัวเลือกและเหตุผล เท่ากับ 4.20 (ร้อยละ $70.11 <g> = 0.54$) และ 2.64 (ร้อยละ $43.97 <g> = 0.30$) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.6

4.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโนมติของนักเรียนรายบุคคล

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจในระดับอนุภาค เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ วิเคราะห์จากคะแนนแบบทดสอบ สามารถจัดกลุ่มมโนมติได้ดังนี้ มโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) มโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) มโนมติผิด (MU) ไม่มีมโนมติ (NU) และมโนมติที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) พบว่าก่อนเรียนมีร้อยละของนักเรียนมโนมติที่ไม่เขียนคำตอบ (NR) ไม่มีความเข้าใจมโนมติ (NU) มีความเข้าใจมโนมติผิด (MU) มีความเข้าใจมโนมติถูกต้อง และผิดบางส่วน (PMU) มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) และมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) เป็น 25.30, 5.90, 6.60, 34.10, 21.60 และ 6.60 ตามลำดับ จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องและผิดบางส่วน (PMU) และมโนมติไม่เขียนเหตุผลเป็นส่วนใหญ่แต่เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่า ร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มเป็น 10.32, 3.40, 7.10, 18.10, 43.80 และ 18.30 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าหลังเรียนมีผลรวมร้อยละของนักเรียน

ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มเข้าใจโมเดลถูกต้อง และผิดบางส่วน (PMU) และมีโมเดลไม่เขียนเหตุผลลดลง และมีโมเดลถูกต้องบางส่วน (PU) และมีโมเดลถูกต้องสมบูรณ์ (SU) เพิ่มขึ้น และในกรณีที่เป็นการก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ (normalized learning gain: <g>) จัดอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าปานกลาง” คิดเป็นร้อยละ 51.72 ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโมเดลของนักเรียนรายบุคคล

เลขที่	ร้อยละความเข้าใจโมเดลของนักเรียน														ความก้าวหน้า	
	ก่อนเรียน							หลังเรียน								
	SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน	SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน	%	<g>
1	10.0	25.0	15.0	5.0	0.0	45.0	19.0	40.0	40.0	10.0	0.0	5.0	5.0	47.9	28.9	0.36
2	5.0	20.0	50.0	5.0	0.0	20.0	22.5	20.0	55.0	0.0	10.0	0.0	15.0	52.3	29.8	0.38
3	25.0	25.0	30.0	5.0	5.0	10.0	42.4	70.0	25.0	0.0	5.0	0.0	0.0	62.3	19.9	0.34
4	5.0	15.0	55.0	0.0	5.0	20.0	28.6	5.0	25.0	35.0	15.0	10.0	10.0	32.5	3.9	0.05
5	20.0	5.0	25.0	10.0	5.0	35.0	30.0	5.0	50.0	25.0	0.0	5.0	15.0	38.6	8.6	0.12
6	0.0	20.0	35.0	5.0	20.0	20.0	25.9	5.0	35.0	25.0	5.0	5.0	25.0	40.8	14.9	0.20
7	10.0	30.0	35.0	10.0	0.0	10.0	23.5	35.0	45.0	15.0	5.0	0.0	0.0	57.3	33.8	0.44
8	25.0	35.0	30.0	5.0	0.0	5.0	38.0	45.0	35.0	0.0	10.0	5.0	5.0	53.4	15.4	0.25
9	0.0	5.0	35.0	25.0	5.0	30.0	14.5	0.0	50.0	30.0	10.0	0.0	10.0	41.4	26.9	0.31
10	0.0	10.0	65.0	15.0	5.0	5.0	23.9	30.0	25.0	20.0	10.0	5.0	10.0	34.8	10.9	0.14
11	0.0	10.0	40.0	20.0	10.0	20.0	23.3	15.0	40.0	35.0	10.0	0.0	0.0	55.3	32.0	0.42
12	10.0	30.0	45.0	5.0	0.0	10.0	28.8	25.0	45.0	20.0	5.0	0.0	5.0	58.0	29.3	0.41
13	10.0	35.0	35.0	0.0	15.0	5.0	33.6	10.0	60.0	15.0	10.0	0.0	5.0	51.3	17.6	0.27
14	0.0	20.0	25.0	5.0	10.0	40.0	23.4	5.0	45.0	25.0	15.0	0.0	10.0	43.5	20.1	0.26
15	5.0	20.0	35.0	10.0	10.0	20.0	17.0	15.0	50.0	25.0	0.0	0.0	10.0	48.1	31.1	0.38
16	0.0	40.0	15.0	10.0	10.0	25.0	20.3	5.0	30.0	20.0	0.0	10.0	35.0	34.8	14.5	0.18
17	0.0	20.0	30.0	5.0	0.0	45.0	28.9	5.0	55.0	15.0	15.0	0.0	10.0	50.6	21.8	0.31
18	15.0	35.0	20.0	5.0	10.0	15.0	38.3	10.0	50.0	20.0	10.0	0.0	10.0	51.9	13.6	0.22
19	0.0	35.0	15.0	5.0	0.0	45.0	30.5	15.0	50.0	20.0	0.0	5.0	10.0	44.9	14.4	0.21
20	5.0	45.0	35.0	0.0	5.0	15.0	28.4	20.0	45.0	20.0	5.0	5.0	5.0	47.5	19.1	0.27
21	0.0	5.0	10.0	10.0	5.0	70.0	21.8	0.0	45.0	30.0	5.0	0.0	20.0	46.3	24.5	0.31
22	5.0	5.0	55.0	0.0	0.0	35.0	23.3	10.0	40.0	25.0	10.0	5.0	10.0	46.3	23.0	0.30
23	5.0	20.0	20.0	10.0	10.0	35.0	21.9	20.0	25.0	25.0	15.0	0.0	15.0	31.3	9.4	0.12
24	0.0	25.0	35.0	10.0	0.0	30.0	27.3	5.0	55.0	10.0	10.0	0.0	20.0	48.8	21.5	0.30
25	0.0	15.0	10.0	10.0	10.0	55.0	28.0	15.0	45.0	5.0	15.0	10.0	10.0	52.3	24.3	0.34
27	20.0	15.0	50.0	0.0	15.0	0.0	40.4	10.0	60.0	15.0	0.0	0.0	15.0	46.8	6.4	0.11
28	10.0	15.0	50.0	0.0	10.0	15.0	25.1	25.0	40.0	25.0	5.0	0.0	5.0	49.1	24.0	0.32
29	5.0	20.0	40.0	0.0	5.0	30.0	21.3	35.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	38.8	0.49

นักเรียนทุกคนสามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดไปในทิศทางที่ดีขึ้นได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของพนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2557) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ โดยพบว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ สามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้สูงขึ้นได้ ช่วยปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือแนวคิดที่ผิดของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง และนักเรียนมีคะแนนหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนวัดความคงทนทางการเรียน แสดงว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ นอกจากจะพัฒนาแนวคิดให้สูงขึ้นได้แล้ว ยังทำให้นักเรียนมีความจำที่คงทนในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ อีกด้วย และสอดคล้องกับ ศักดิ์ศรี สุภาพร และคณะ (2559) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่อง สารละลาย ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาค ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิด เรื่อง สารละลาย สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจแนวคิดไปเป็นแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น และมีความเข้าใจแนวคิดผิดและคลาดเคลื่อนลดลง และยังพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจระดับอนุภาคเกี่ยวกับสารละลาย สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาค สามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิด และความเข้าใจระดับอนุภาคเกี่ยวกับสารละลาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาพร (2558) ได้ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องให้สูงขึ้นได้ และช่วยลดความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือผิดลงได้ นักเรียนมีความพึงพอใจ และเจตคติต่อวิชาเคมีในระดับดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสร้างความสนใจ ผลการวิจัยและระบุข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ 2 ประเด็น ได้แก่ คะแนนความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ และผลการวิเคราะห์นิมิตวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

5.1.1 คะแนนความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสร้างความสนใจ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองเชิงกายภาพในชั้นสร้างความสนใจ พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 23.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.96 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เท่ากับ 11.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.08 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติเป็น 0.43 แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสร้างความสนใจ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5.1.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบสืบเสาะ ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จากการวิเคราะห์ร้อยละของนิมิตวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยวิเคราะห์จากคะแนนตัวเลือก และเหตุผลจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เมื่อพิจารณาร้อยละนิมิตวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน และหลังเรียน พบว่าหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) เข้าใจ

มโนคติผิด และไม่เข้าใจมโนคติ (MU+NU) และมโนคติไม่มีคำตอบ ลดลง ร้อยละ 16.38, 2.93 และ 15 ตามลำดับ และมีร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องไม่สมบูรณ์ (SU + PU) เพิ่มขึ้นร้อยละ 34.31 โดยที่หัวข้อที่การเปลี่ยนแปลงที่มีร้อยละของ นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องไม่สมบูรณ์ คือ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ สภาพขั้วพันธะ (+48.88) นั้นแสดงให้เห็นว่า ผลการวิจัยครั้งนี้ กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนคติ จากมโนคติผิดเป็นความเข้าใจมโนคติถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสร้างความสนใจสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนคติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในเขตจังหวัดศรีสะเกษ ให้สูงขึ้นได้ โดยช่วยเพิ่มความเข้าใจมโนคติถูกต้องให้มากขึ้น และทำให้มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องได้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพเป็นการใช้สื่อการสอนที่มองเห็นเป็นภาพสามมิติ นักเรียนสามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ การเกิดพันธะโคเวเลนต์ของธาตุ การเขียนสูตร เรียกชื่อ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และมองเห็นรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ได้ ซึ่งรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์นั้น เป็นแบบจำลองเชิงกายภาพที่เป็นเหมือนโมเลกุลจริง และสร้างแบบจำลองให้ใหญ่ขึ้นโดยมีมุมพันธะ และความยาวพันธะที่ขยายขนาดโมเลกุลจริง แตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่สร้างเพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพเพียงอย่างเดียว และครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามหรือเกิดข้อสงสัย เกิดความคิด และเสาะแสวงหาความรู้เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง (ทิตินา แคมมณี, 2560) ทำให้ผู้เรียนได้คิดค้นคว้า ปฏิบัติ และมีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่ม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง (อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2553) อีกทั้งการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพเป็นการศึกษาที่เป็นรูปธรรม ในชั้นสำรวจ และค้นหา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกรู้สึกหรือความต้องการที่จะสืบค้นหรือเสาะแสวงหาความรู้ ทำให้กิจกรรมมีความหมายต่อผู้เรียน และมีความท้าทายเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบ และยังเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด จะยิ่งทำให้ผู้เรียนต้องการที่จะเสาะแสวงหาความรู้หรือคำตอบมากยิ่งขึ้น (ทิตินา แคมมณี, 2560) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ ในชั้นสร้างความสนใจ จึงมีประสิทธิภาพ และสามารถที่จะเพิ่มความเข้าใจมโนคติให้เกิดความก้าวหน้า และพัฒนาแบบจำลองเชิงกายภาพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปใช้作为สื่อการสอนที่หลากหลายมากขึ้น

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

การวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจนิมิตวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ แบบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น จำนวน 20 ข้อ 2 ลำดับชั้น ส่วนที่ หนึ่งเป็นแบบตัวเลือก 4 ตัวเลือก ส่วนที่สองให้นักเรียนระบุเหตุผล ซึ่งเป็นแบบเขียนตอบหรือวาดภาพประกอบ จากผลการวิจัยพบว่า คะแนน ตัวเลือกสูงกว่าเหตุผลในทุกหัวข้อ ซึ่งคะแนนเหตุผลอยู่ในระดับที่ต่ำ เนื่องจากจำนวนแบบจำลองเชิงกายภาพไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอน ทำให้ไม่ได้เรียนรู้ครบทุกคน เวลาในการจัดการเรียนการสอนอาจจะน้อยเกินไปทำให้การอภิปรายผลและสรุปผลมีข้อจำกัด อีกทั้งนักเรียนขาดทักษะในการเขียนคำตอบ นักเรียนบางคน ไม่สามารถเขียนบรรยายคำตอบหรือวาดภาพประกอบในข้อสอบได้ จึงทำให้ได้คะแนนในการสอบน้อย

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 แบบจำลองเชิงกายภาพ คือ ชั้นสร้างความสนใจ ควรใช้เวลาให้เหมาะสมกับไม่ควรมากเกินไป และควรเป็นกิจกรรมที่แฝงด้วยความรู้หรือความเข้าใจนิมิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่จะทำในชั้นสำรวจ และค้นหา

5.3.2 ควรเป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะคาดคะเนคำตอบได้ยากหรือทำให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยให้มากเพื่อฝึกให้นักเรียนได้คิด หรือใช้ความรู้เดิมสำหรับคิด และเป็นที่มาของการคาดคะเนคำตอบเมื่อนักเรียนอยากรู้คำตอบ นักเรียนก็จะลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบให้ได้ว่าสิ่งที่นักเรียนคิดหรือความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ถูกต้องหรือไม่

5.3.3 แบบจำลองเชิงกายภาพต้องดูน่าสนใจทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น จึงจะเป็นการสร้างคามสนใจอย่างที่ได้ผลดียิ่ง

5.3.4 ผู้วิจัยควรให้ความสำคัญกับผลของปัจจัยบางประการ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนิมิตอื่น ๆ เช่น ปัจจัยด้านภาษา ความเชื่อ แรงจูงใจ เป็นต้น

5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าครั้งต่อไป

5.4.1 ครูผู้สอนควรสำรวจนิมิตเดิมของผู้เรียนก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อที่จะได้หากิจกรรมที่เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน

5.4.2 ควรนำการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ผสมผสานกับเทคนิคอื่น และนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาอื่น ๆ ในวิชาเคมีตามความเหมาะสม

5.4.3 ควรมีการเก็บข้อมูลหลาย ๆ รูปแบบเพื่อใช้ในการวัดประเมินผล ตรวจสอบ สรุปผล มโนคติของนักเรียน เช่น เก็บข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม เป็นต้น

5.4.4 ควรมีการศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ กับกลุ่มประชากรอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบผลการวิจัย

5.4.5 ควรมีการทดสอบความคงทนของความรู้หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไปแล้ว 30 วัน เพื่อเป็นการตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจ และจดจำเนื้อหาได้ดีหลังจากจัดกิจกรรม

5.4.6 ควรมีการศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ ไปใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และปรับแก้มโนคติของนักเรียนในเนื้อหาอื่น ๆ

5.4.7 ควรมีการสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพในชั้นสร้างความสนใจ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ กวางศิรี. “การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้”, *Veridian E-Journal*.
5(1): 255-270; มกราคม-เมษายน, 2555.
- กระทรวงศึกษาธิการ. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร:
ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2551.
- กริธา ภูผาแร่ และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ และ
ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ
กิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย” ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย”
ครั้งที่ 6**. น. 20-25. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.
- กุลภัส เทียมทิพร. “การยอมรับการใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการเรียนการสอน
ของนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตสาขาวิชาชีพครู”, **วารสารศาสตร์การศึกษา
และการพัฒนามนุษย์**. 1(2): 14-23; ธันวาคม, 2559.
- กลุ่มงานวิชาการ โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์. **รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปีการศึกษา 2558**.
ศรีสะเกษ: โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์, 2558.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. “การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้”, **วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 11(1): 33-44; มกราคม, 2551.
- ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. “จากการสืบเสาะตามวัฏจักร 5Es สู่การสืบเสาะที่มีทฤษฎี
ชี้นำ”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**.
8(2): 436- 448; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2560.
- ณัฐนันท์ กัตติรัตน์ และ สุวัตร นานันท์. “การศึกษามโนคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถ
ในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, **วารสารวิจัย มข.** 3(1): 82-92; มกราคม-เมษายน,
2558.
- ทศวรรณ ภูผาแร่ และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล
โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-
อธิบาย”, ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 6**. น. 1-6.
ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.
- ทิตนา แคมมณี. **ศาสตร์การสอน**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ทีศนา แชมมณี. **รวมบทความทางวิชาการ กลยุทธ์การยกระดับคุณภาพ โรงเรียน ครู หลักสูตร และการจัดการเรียนการสอน**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560.
- นวลอนงค์ แก้ววงษ์ และศักดิ์ศรี สุภาธร. “การพัฒนาความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ด้วยการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ และนานาชาติ ครั้งที่ 3 เรื่องบูรณาการงานวิจัยสู่ความรู้ที่ยั่งยืน**. น. 197-207. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2558.
- นิภาภรณ์ จันทะโยธา และสุวัตร นานันท์. **การพัฒนาวิถีทางมโนคติวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2557.
- นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. “การศึกษาความเข้าใจโมเดล และการปรับเปลี่ยนโมเดล เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม”, **วารสารวิจัย มข.** 5(2): 152-162; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2548.
- ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. “การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด”, **วารสารศึกษาศาสตร์ (ฉบับพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 31(1): 27-35, 2551.
- เปรมศักดิ์ สิมมาเคน และศักดิ์ศรี สุภาธร. **การพัฒนาความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะ โคเวเลนต์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.
- พจนา มะกรุดอินทร์. **การเรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E's of Inquiry Approach)**. กรุงเทพมหานคร: โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาด้านการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.
- พนิดา กันยะกาญจน์. **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- พินดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาธร. “การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ เพื่อพัฒนานิคมิตทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 6. น. 26-31. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ วิธีและเทคนิคการสอน 1. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์, 2544.
- พิสูตร บรรดาศักดิ์ไพศาล. การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พันธะโควาเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- ไพโรจน์ เต็มเตชาตพงศ์. การศึกษาการเปลี่ยนนิคมิตของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง หน้าที่ยีนโดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.
- ภพ เลหาไพบุลย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2540
- มณีกานต์ หินสอ. ความเข้าใจนิคมิตวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบการไหลเวียนโลหิตในร่างกายมนุษย์ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงเมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยน นิคมิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2549.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. Constructivism. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2544.
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สุวิริยาสัน, 2553.
- วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาธร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์”, วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 24(1): 29-52; มกราคม, 2556.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- วิทยา ภาชื่น และไพศาล สุวรรณน้อย. “การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ เพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เรื่อง สมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 4(พิเศษ): 1-17, 2553.
- ศักดิ์ศรี สุภาพร และคณะ. “การพัฒนาความเข้าใจมโนคติ เรื่อง สารละลาย ด้วยการทดลองแบบ สืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาค สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 7(1): 28-47; มีนาคม, 2559.
- ศักดิ์ศรี สุภาพร. “กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย: ทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 22(3): 331-343; กันยายน, 2554.
- ศักดิ์ศรี สุภาพร. “บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล”, **วารสาร ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 35(1): 1-7; มกราคม-มีนาคม, 2555.
- ศุภกาญจน์ รัตนกร. การศึกษาแบบจำลองทางความคิด และความเข้าใจธรรมชาติ ของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.
- สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2557). “รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET)”, ระบบประกาศและรายงานผลสอบโอเน็ต. [http:// www.niets.or.th/](http://www.niets.or.th/). 31 ธันวาคม, 2557.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพมหานคร: ศุภสภาลาดพร้าว, 2546.
- _____. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560**. กรุงเทพมหานคร: ศุภสภาลาดพร้าว, 2560.
- สถาพร พงษ์พิบูล. “คุณภาพผู้เรียน...เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ (QUALITY OF STUDENTS DERIVED FROM ACTIVE LEARNING PROCESS)”, **วารสาร การบริหารการศึกษามหาวิทยาลัยบูรพา**. 6(2): 1-13; เมษายน-กันยายน, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สนทยา บั๋งพรม. การพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมีด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.
- สนทยา บั๋งพรม และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมีด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6”, ใน การประชุมวิชาการ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 9. น. 411-42. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.
- สมเจตน์ อรรถศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาพร. การสำรวจและปรับแก้มโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้โมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระต่าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.
- สายรุ้ง ชาวสุภา. “ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลด้วยค่าหักเหของแสง”, วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 7(2): 339-349; กันยายน, 2559.
- สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย กระทรวงศึกษาธิการ. แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะทางสาขาวิชาชีพ. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2558.
- สุดารัตน์ ดวงเงิน และนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. ผลของปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดที่มีต่อความสามารถ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมบัติ และปฏิกิริยา ของสารละลายกรดเบส สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- สุภาพ ตาเมือง กานต์ตระกูล วุฒิสเลา และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการทดลองแบบสืบค้น”, ศึกษาศาสตร์สาร มข. 1(2): 1-15; กรกฎาคม - ธันวาคม, 2560.
- สุวดี แสนคำภูมิ. ผลการสอนเพื่อแก้มโนคติที่คลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ระบบนิเวศ โดยใช้เอกสารอ่านประกอบซึ่งสร้างตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนคติของโพสเตอร์ และคณะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2544.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- อรรวรรณ จันทร์ฟู. การศึกษาแนวคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.
- อรรวรรณ หอมพรมมา. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การสอนแบบเปรียบเทียบ (Analogy Approach). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. **หลักการสอน (ฉบับปรับปรุง)**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2553.
- อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การพัฒนาความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน **การประชุมวิชาการ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 9**. น. 388-398. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.
- Gilbert, and S.W. Ireton. **Understanding Models in Earth and Space Science**. Arlington: NSTA Press, 2003.
- Carrie A. Cloonan and et al. “A Simple System for Observing Dynamic Phase Equilibrium via an Inquiry-Based Laboratory or Demonstration”, **Journal of Chemical Education**. 88(7): 975-978; July, 2011.
- Clement, J. “Model based learning as a key research area for science education”, **International Journal of Science Education**. 22(9): 1041-1053, 2000.
- Coll, P.K. **Lerner’ Mental Model of Chemical Bonding**. Doctor’s. Thesis: Curtin University of Technology, 1999.
- Coll, R. K. **Metaphor and Analogy in Science Education**. Netherlands: Springer, 2006.
- Coll, R.K., B. France, and I. Taylor. “The role of models/and analogies in science education: Implications from research”, **International Journal of Science Education**. 27(2): 183-19; February, 2005.
- Dykstra, D., Boyle, C., Monarch, I. “Studying conceptual change in learning Physics”, **Science Education**. 76(6): 615-652; January, 1992.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Fisher, K. M. "A misconception in biology: Amino acids and translation", **Journal of Research in Science Teaching**. 22(1): 63-72, 1985.
- Gabel, D. L. **The complexity of chemistry and implications for teaching**. London: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Griffiths, A. K., Thomey, K., Cooke, B., & Normore, G. "Remediation student specific misconceptions relating to three science concepts", **Journal of Research in Science Teaching**. 25(9): 709-719; December, 1988.
- Gilbert, J. K. **Visualization in science education**. Netherlands: Springer, 2005.
- Gilbert, J.K. and S.W. Irton. **Understanding Models in Earth and Space Science**. Arlington: NSTA Press, 2003.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. and Elmer, R. (2000). "Positioning Model in Science Education and in Design and Technology Education", https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-0876-1_1. 24 May, 2016.
- Gross light et al. "Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts", **Journal of Research in Science Teaching**. 28(9): 799-822; November, 1991.
- Harrison, A. G. and D. F. Treagust. "Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry", **Science Education**. 80(5): 509-534; September, 1996.
- Hewson, M. G., and Hewson, P. W. Effect of instruction using student' prior knowledge and conceptual change strategies of science learning. **Journal of Research in Science Teaching**. 20(8): 731-743; January, 1983.
- Lawson, A.E. "Using the Learning Cycle to Teach Biology Concepts and Reasoning Patterns", **Journal of Biology Education**. 35(4): 165-168; September, 2001.
- Lederman, N. G., F. Abd-El-Khalick, R. L. Bell and R. S. Schwartz. "Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science", **Journal of Research in Science Teaching**. 39(6): 497-521; July, 2002.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Mulford, D. R. & Robinson, W. R. "An inventory for alternate conceptions among first-semester General Chemistry students", **Journal of Chemical Education**. 79(6): 739-744; June, 2002.
- Sander, M. "Erroneous Idea about Respiration: The Teach Factor", **Journal of Research Teaching**. 30(8): 919-934; October, 1993.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

แบบทดสอบวัดมโนคติวิวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

จำนวน 20 ข้อ เวลา 60 นาที

คำชี้แจง ข้อสอบมี 2 ส่วน ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวและทำเครื่องหมาย x หน้าข้อ ที่ถูกต้องที่สุด ในกระดาษคำตอบพร้อมทั้งเขียนอธิบายเพื่อยืนยันคำตอบ

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ข้อละ 1 คะแนน

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนตอบเหตุผลหรือวาดภาพประกอบให้ถูกต้องที่สุด ข้อละ 1 คะแนน

การจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (6 ข้อ 12 คะแนน)

1. ธาตุ ${}_5A$ ${}_6B$ ${}_{12}C$ และ ${}_{17}D$ ธาตุใดไม่สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้

ก. ธาตุ A

ข. ธาตุ B

ค. ธาตุ C

ง. ธาตุ D

ให้นักเรียนจัดเรียงอิเล็กตรอน พร้อมทั้งบอกค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี พลังงานไอออไนเซชัน ว่าสูงหรือต่ำ

.....

.....

2. ธาตุ ${}_5A$ ${}_6B$ ${}_{12}C$ และ ${}_{17}D$ ธาตุคู่ใดที่สามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ได้

ก. A และ B

ข. C และ D

ค. D และ C

ง. A และ D

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุA... ได้แก่ 2 3

และ การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ ..D.... ได้แก่ 2 7

เพราะเหตุใดธาตุคู่นี้จึงสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ได้

.....

.....

3. สารประกอบโคเวเลนต์ใดต่อไปนี้จะตอมกลางไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

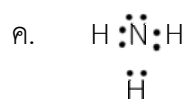
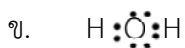
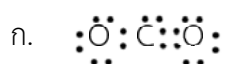
- ก. PCl_3
- ข. CO_2
- ค. CH_4
- ง. BF_3

จงแสดงโครงสร้างแบบจุดของลิวิอิสของสารประกอบที่เลือกข้างต้น

.....

.....

4. โครงสร้างแบบจุดของลิวิอิสในข้อใด ผิด



คาร์บอนใช้อิเล็กตรอนกี่คู่ในการเกิดพันธะกับออกซิเจน และเกิดเป็นพันธะอะไรกับออกซิเจน

.....

.....

5. ธาตุคู่ใด ไม่ สามารถเกิดพันธะสามได้

- ก. คาร์บอน กับ คาร์บอน
- ข. คาร์บอน กับ ไนโตรเจน
- ค. ไนโตรเจน กับ ไนโตรเจน
- ง. คาร์บอน กับ ออกซิเจน

จงเขียนโครงสร้างการเกิดพันธะของธาตุ คาร์บอน

.....

.....

6. สารในข้อใดไม่เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ทุกตัว

- ก. CO NO SO₂
- ข. CO₂ NO₂ SO₂
- ค. NaCl AlCl₃ KCl
- ง. CCl₄ CH₄ BeCl₂

เพราะ

.....

.....

การเขียนสูตรและการอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (5 ข้อ 10 คะแนน)

7. สารประกอบใดต่อไปนี้ เมื่อเขียนสูตรแบบจุดของลิวอิสแล้วในโครงสร้างจะมีทั้งพันธะเดี่ยว และพันธะสามในโมเลกุล

- ก. H₂SO₄
- ข. HCN
- ค. H₂CO₃
- ง. H₃PO₄

จงเขียนสูตรแบบจุดของสารประกอบที่เลือกในข้างต้น

.....

.....

8. สารประกอบที่เกิดจากธาตุ ₁A และ ₁₆B จะมีสูตรอย่างไร และอ่านชื่อว่าอย่างไร

- ก. HS โมโนไฮโดรเจนซัลไฟด์
- ข. HS₂ ไฮโดรเจนไดซัลไฟด์
- ค. H₂S ไฮโดรเจนซัลไฟด์
- ง. HS₂ มอนอไฮโดรเจนไดซัลไฟด์

เพราะ

9. ธาตุ ก อยู่ในหมู่ที่ 4 และคาบที่ 2 ถ้าธาตุ ก เกิดเป็นสารประกอบคลอไรด์ จำนวนอะตอมคลอรีนสูงสุดที่สามารถเกิดพันธะกับธาตุ ก ได้จะเป็นเท่าใด

- ก. 4 อะตอม
- ข. 3 อะตอม
- ค. 2 อะตอม
- ง. 1 อะตอม

จงเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ ก และ คลอรีน เพื่อแสดงว่าธาตุ ก เกิดพันธะกับธาตุคลอรีนได้สูงสุดกี่อะตอม

10. การอ่านชื่อของสารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดผิด

- ก. SiS_2 ซิลิคอนไดซัลไฟด์
- ข. F_2O ไดฟลูออรีนออกไซด์
- ค. BF_3 โบรอนไตรฟลูออไรด์
- ง. N_2O_3 ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์

ชื่อที่ถูกต้องของสารประกอบที่เลือก คือ

11. การอ่านชื่อของสารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดผิด

- ก. P_4O_{10} ฟอสฟอรัสเตตระออกไซด์
- ข. F_2O ไดฟลูออรีนมอนอกไซด์
- ค. BF_3 โบรอนไตรฟลูออไรด์
- ง. Cl_2O_3 ไดคลอรีนเฮปตะออกไซด์

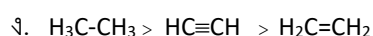
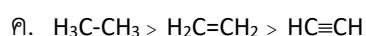
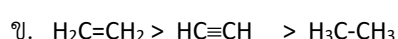
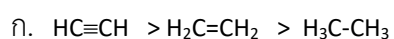
ชื่อที่ถูกตั้งของสารประกอบที่เลือกคือ

.....

.....

พลังงานพันธะ ความยาวพันธะ และสภาพขั้วพันธะโคเวเลนต์ (3 ข้อ)

12. ข้อใดเรียงความยาวพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

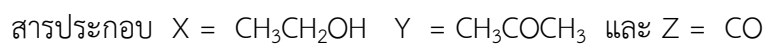


เพราะ

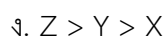
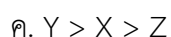
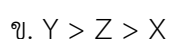
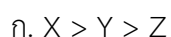
.....

.....

13. พิจารณาความยาวพันธะในโมเลกุลต่อไปนี้



การเรียงลำดับความยาวพันธะระหว่าง C กับ O ข้อใดเรียงลำดับจากมากไปน้อยในโมเลกุลเหล่านี้ได้ถูกต้อง

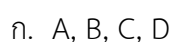


เพราะเหตุใดลำดับความยาวจึงเป็นเช่นนั้นเขียนโครงสร้างประกอบ

.....

.....

14. จงเรียงลำดับพลังงานพันธะของสารต่อไปนี้จากน้อยไปมาก



ค. D, C, B, A

ง. B, D, A, C

เพราะเหตุใดลำดับพลังงานจึงเป็นเช่นนั้นจงอธิบายขนาดอะตอมอะตอม ความยาวพันธะ และ
ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี

.....
.....

รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ (6 ข้อ 12 คะแนน)

15. สารประกอบในข้อใดต่อไปนี้มีรูปร่างเป็นเส้นตรงทั้งหมด

ก. XeF_2 CO_2

ข. H_2S SO_2

ค. H_2O CO_2

ง. BeCl_2 Cl_2O

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลพร้อมมุมพันธะทั้งสองชนิดเพื่อประกอบคำอธิบาย

16. สารประกอบในข้อใดมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมแบนราบ (Trigonal planar)

ก. BCl_3

ข. NH_3

ค. PCl_3

ง. PH_3

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลประกอบคำอธิบาย

17. โมเลกุลของสารในข้อใดมีจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางมากที่สุด

- ก. CaCl_2
- ข. NH_3
- ค. PCl_5
- ง. H_2O

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลประกอบคำอธิบาย

18. มุมระหว่างพันธะ H-C-H ในโมเลกุล CH_4 , มุม H-O-H ในโมเลกุล H_2O และมุม H-N-H ในโมเลกุล NH_3 มีลำดับความกว้างของมุมเป็นอย่างไร

- ก. มุมระหว่างพันธะ H-C-H กว้างกว่ามุม H-N-H และกว้างกว่ามุม H-O-H
- ข. มุมระหว่างพันธะ H-N-H กว้างกว่ามุม H-O-H และกว้างกว่ามุม H-C-H
- ค. มุมระหว่างพันธะ H-C-H เท่ากับมุม H-N-H และกว้างกว่ามุม H-O-H
- ง. มุมระหว่างพันธะ H-C-H เท่ากับมุม H-O-H และกว้างกว่ามุม H-N-H

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลแสดงการผลักรันของคู่อิเล็กตรอนเพื่อประกอบคำอธิบาย

19. สารประกอบคู่ใดต่อไปนี้ที่มีรูปร่างโมเลกุลเหมือนกัน แต่โมเลกุลหนึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้ว และอีกโมเลกุลหนึ่งเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

- ก. HCN กับ CO_2
- ข. NH_3 กับ PCl_3
- ค. CH_4 กับ XeF_4
- ง. PCl_5 กับ IF_5

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลเพื่อแสดงความมีขั้วของโมเลกุลประกอบคำอธิบาย

20. สารประกอบโคเวเลนต์ข้อใดต่อไปนีที่ประกอบด้วยพันธะโคเวเลนต์มีขั้ว แต่เมื่อรวมเป็นโมเลกุลแล้วกลายเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

ก. PCl_3

ข. CO_2

ค. HCN

ง. CHCl_3

จงวาดภาพรูปร่างโมเลกุลเพื่อแสดงความมีขั้วของโมเลกุลประกอบคำอธิบาย

ภาคผนวก ข

กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พันธะเคมี

เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนการ และเกิดพันธะโคเวเลนต์

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

เวลา 3 ชั่วโมง

ครูผู้สอน นายชาติ มีวงศ์

1. สาระการเรียนรู้

การจัดเรียงอิเล็กตรอน หมายถึง อิเล็กตรอนในแต่ละอะตอมจะมีการจัดเรียงตามระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย โดยมีการแบ่งชั้นที่แน่นอน เรียงไปเรื่อย ๆ ตามเลขอะตอม

พันธะโคเวเลนต์ คือ พันธะที่เกิดจากอะตอมของธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ ๆ เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมครบแปด โดยอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้อยู่ร่วมกัน เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ สารประกอบที่อะตอมแต่ละคู่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า สารโคเวเลนต์

โมเลกุลของสารที่อะตอมแต่ละคู่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า โมเลกุลโคเวเลนต์

2. มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1

เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. มาตรฐานช่วงชั้นที่ 4 (ว 3.1-3)

สำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายและอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลในโครงผลึกของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารในเรื่อง จุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะ กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนั้น

4. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอน การเกิดพันธะโคเวเลนต์ อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ การเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม พร้อมทั้งบอกสมบัติและประโยชน์ของสารประกอบโคเวเลนต์

จุดประสงค์นำทาง

1. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และสารประกอบโคเวเลนต์ได้

2. นักเรียนสามารถบอกความหมายของอิเล็กทรอนิกส์คู่ร่วมพันธะ อิเล็กทรอนิกส์โดดเดี่ยว รวมทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้

3. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างโมเลกุลที่เป็นไปตามกฎออกเตต และไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้

4. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสารประกอบโคเวเลนต์ ประโยชน์ของสารประกอบโคเวเลนต์ที่พบในชีวิตประจำวันได้

5. เนื้อหาสาระ

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์
2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์
3. สารประกอบโคเวเลนต์ในชีวิตประจำวันและการใช้ประโยชน์

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ด้านความคิด
2. ด้านการสื่อสาร

7. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ใฝ่เรียนรู้
2. อยู่อย่างพอเพียง

8. ทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

9. การบูรณาการเชิงปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

เนื้อหา

พอประมาณ	กำหนดเนื้อหาได้สอดคล้องกับมาตรฐานการ ตัวชี้วัด
มีเหตุผล	นักเรียนได้เรียนรู้ตามมาตรฐาน ตัวชี้วัด
มีภูมิคุ้มกันในตัว	กำหนดเนื้อหาจากง่ายไปยาก เตรียมเอกสารครอบคลุม

เวลา

พอประมาณ	เวลามีความเหมาะสม
มีเหตุผล	จัดเนื้อหาได้ตรงตามโครงสร้างหลักสูตร
มีภูมิคุ้มกันในตัว	การสอนซ่อมเสริม

10. กิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบ 5E

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบ 5E มีดังนี้

E1 ขั้นสร้างความสนใจ

E2 ขั้นสำรวจและค้นหา

E3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

E4 ขั้นขยายความรู้

E5 ขั้นประเมินผล

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ใช้แบบจำลองเชิงกายภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ และถามนักเรียนว่าที่วางอยู่บนโต๊ะคืออะไร และแม่เหล็กหลากหลายสีคืออะไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูแบ่งกลุ่ม 6 กลุ่ม ครูแจกใบงานที่ 1 2 และ 3 เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้ศึกษา พร้อมให้คำแนะนำ (10 นาที) โดยครูให้คำแนะนำในเชิงสร้างสรรค์

2.2 ครูนำอิเล็กตรอน (แม่เหล็กสี) และแบบจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองการจัดเรียงอิเล็กตรอน และการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยนำธาตุที่นักเรียนได้มาแสดงการจัดเรียง และแสดงเกิดพันธะโคเวเลนต์ครูคอยให้คำแนะนำเพื่อแสดงถึงความพยายามในการทำงาน และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์

2.3 จากแบบจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ให้นักเรียนจัดเรียงอิเล็กตรอน จากนั้นให้นักเรียนแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลโคเวเลนต์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนธาตุของกลุ่มตนเอง และแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ธาตุที่นักเรียนได้รับ

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มมารวมกลุ่มกันเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และปรับแก้ของตนเองให้สมบูรณ์

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งชิ้นงานกลุ่มละ 1 ชิ้นที่มีการออกแบบและวางแผนด้วยกัน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูรวบรวมงานกลุ่มของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับใบงานที่ 1, 2 และ 3 พร้อมเสนอแนะวิธีแก้ไขงานเพื่อคำตอบที่ถูกต้อง

4.2 จากผลการจัดเรียงอิเล็กตรอนของนักเรียนอิเล็กตรอนระดับพลังงานใดที่ใช้ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และบอกอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้

4.3 ครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนเข้าใจลักษณะการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ตัวอย่างเช่น..

4.4 ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารประกอบโคเวเลนต์ในชีวิตประจำวัน (CO_2 , CH_4 , N_2 , H_2O เพชร แกรไฟต์ เป็นต้น)

4.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดภาพแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอน และเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม

4.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มบอกจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของสารประกอบโคเวเลนต์ดังกล่าว

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูสุ่มถามนักเรียนโดยตั้งคำถามเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์

5.2 ครูชื่นชมนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเรียน และทำกิจกรรม และแนะนำนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ

11. สื่อการเรียนการสอน/แหล่งเรียนรู้

11.1 สื่อการเรียนการสอน

11.1.1 หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของสถาบันสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

11.1.2 ตารางธาตุ

11.1.3 ใบความรู้ที่ 1

11.2 แหล่งเรียนรู้

11.2.1 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

(<http://www.kr.ac.th/tech/detchm48/atommodel100.html>)

11.2.2 พันธะโคเวเลนต์ (http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry1/chemical_bonding/covalent.htm)

12. การวัดและประเมินผลและเกณฑ์การผ่านการประเมิน

สิ่งที่วัด	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่านประเมิน
1. ความรู้ <u>ใบงานที่ 1</u> การจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ สามารถจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ของธาตุได้ <u>ใบงานที่ 2</u> การเกิดพันธะโคเวเลนต์ อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ อธิบายความหมายของกฎออกเตต และบอกได้สารใดรวมกันแล้วเป็นไปตามกฎออกเตต และไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	การทดสอบ	ใบงาน แบบทดสอบ	ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป ตอบคำถามถูกทุกข้อ
2. ทักษะ กิจกรรมการทดลองแบบจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์	สังเกตพฤติกรรม การปฏิบัติกิจกรรม	แบบประเมิน	ระดับปานกลางขึ้นไป
3. คุณธรรม จริยธรรม มีความรับผิดชอบ ตรงต่อเวลา ซื่อสัตย์	สังเกตพฤติกรรม	แบบประเมิน	ระดับปานกลางขึ้นไป

แบบประเมินการทำกิจกรรม

กิจกรรมที่..... เรื่อง.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม

1.....2.....
 3.....4.....
 5.....6.....
 7.....8.....

รายการพฤติกรรม	ระดับคุณภาพ		
	3	2	1
1. ทดลอง/ทำกิจกรรมตามแผน			
2. การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ / สื่อ			
3. การดูแลรักษาสื่อ / อุปกรณ์			
4. การนำเสนอการทดลอง/กิจกรรม			
คะแนนรวม	/12		
คิดเป็นร้อยละ			

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	ระดับ
11 - 12	ดีมาก
9 - 10	ดี
7 - 8	ปานกลาง
0 - 6	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน คือ ระดับปานกลางขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินการทำกิจกรรม/การทดลอง

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
ทดลองตามแผน	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอนที่ กำหนดได้ถูกต้อง	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอน โดยมี ครูแนะนำ	ทดลองตามวิธีการ หรือข้ามขั้นตอน บางส่วน
การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ/สื่อ	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ/ /สื่อได้อย่างถูกต้อง และ คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือ/สื่อได้ อย่างถูกต้อง และไม่ คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ/ /สื่อไม่ถูกต้อง
การดูแลรักษาสื่อ/อุปกรณ์	ดูแลรักษาเครื่อง อุปกรณ์ สื่อ อย่างสะอาด และ ถูกต้อง	ดูแลรักษาเครื่อง อุปกรณ์ สื่อ อย่างสะอาด แต่เก็บ ไม่ถูกต้อง	ไม่ดูแลรักษา หรือเก็บ ให้เรียบร้อย
การนำเสนอ	นำเสนออย่างถูกต้อง ชัดเจน เป็นลำดับ ขั้นตอน	นำเสนออย่าง ถูกต้อง ชัดเจน ไม่เป็นลำดับขั้นตอน	ต้องให้คำแนะนำในการ นำเสนอ

เกณฑ์การประเมิน ด้านเจตคติ

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ		
	3	2	1
1. ความรับผิดชอบ	ทำงาน ส่งชิ้นงานที่มีคุณภาพ และตามกำหนด	ส่งงานตามกำหนด	ส่งงานแต่ต้องคอยเตือน
2. ซื่อสัตย์	มีความตั้งใจ ไม่ลอกเลียนแบบ	ลอกงานผู้อื่นบ้าง	ลอกงานคนอื่น
3. ตรงต่อเวลา	เข้าเรียน และส่งงานตรงตามเวลา	เข้าเรียนหรือส่งงานไม่ตรงเวลาบางครั้ง	ส่งงานไม่ตรงตามเวลาบ่อย ๆ

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	ระดับ
7 - 9	ดี
4 - 6	ปานกลาง
0 - 3	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน คือ ระดับดีขึ้นไป

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

พฤติกรรมนักเรียน

.....

.....

.....

พฤติกรรมผู้สอน

.....

.....

.....

ผลการจัดกิจกรรม

.....

.....

.....

ปัญหาอุปสรรค / ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายชาลี มีวงศ์)

ผู้สอน

ความคิดเห็นผู้บริหาร

.....

.....

ลงชื่อ.....

(ดร.ภูมิภัทร มาลี)

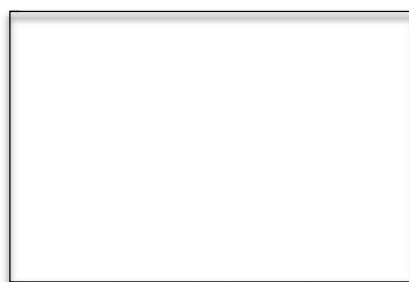
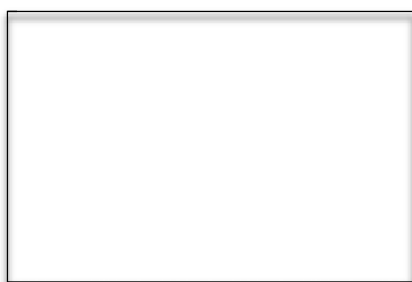
ผู้อำนวยการโรงเรียนตุมพิตยานุสรณ์

ใบงานที่ 1
เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ

รายชื่อสมาชิก กลุ่มที่

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....

1. นักเรียนได้ธาตุอะไร และธาตุมีสัญลักษณ์นิวเคลียร์



2. การจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

.....

.....

3. มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดกี่ตัว

.....

.....

$n=1$

$n=2$

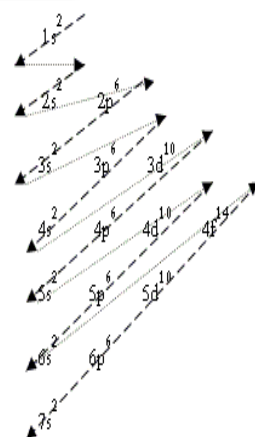
$n=3$

$n=4$

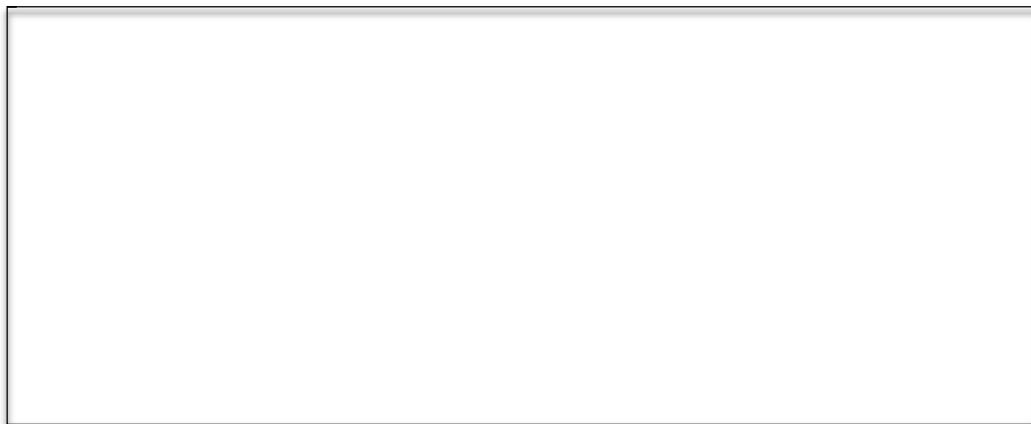
$n=5$

$n=6$

$n=7$



4. แสดงแบบจำลองอะตอมของธาตุทั้งสอง



ใบงานที่ 2

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

วันที่เดือน.....พ.ศ.....

รายชื่อสมาชิก กลุ่มที่

- | | |
|--------|--------|
| 1..... | 2..... |
| 3..... | 4..... |
| 5..... | 6..... |

1. จุดประสงค์

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ และการเกิดพันธะโคเวเลนต์
2. ศึกษาอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของสารประกอบโคเวเลนต์
3. ศึกษาโมเลกุลที่เป็นไปตามกฎออกเตต และที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

2. อุปกรณ์การทดลอง

1.
2.
3.

3. วิธีการทดลอง

1. ใช้แม่เหล็กขนาดเล็กสีแดง และน้ำเงินแทนอิเล็กตรอนของธาตุแสดงจำนวนอิเล็กตรอนของธาตุนั้น
2. นำแม่เหล็กขนาดใหญ่แทนธาตุ และเขียนจำนวนโปรตอน และนิวตรอนของธาตุนั้น
3. ศึกษาการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ แล้วแสดงสัญลักษณ์นิวเคลียร์
4. นำธาตุสองธาตุมาแชร์ใช้อิเล็กตรอนวงนอกสุด (ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน) ตามสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส บันทึกผล
5. วาดภาพแสดงการเกิดพันธะ
6. ทำการทดลองเหมือนเดิมแต่เปลี่ยนเป็นธาตุอื่น ๆ

4. สมมติฐาน

1.
2.

5. ผลการทดลอง (ให้นักเรียนออกแบบเอง)

6. อภิปรายผลการทดลอง

ใบงานที่ 3

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของธาตุที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. C 1 อะตอม และ H 4 อะตอม

2. C 2 อะตอม และ H 6 อะตอม

3. C 2 อะตอม และ H 4 อะตอม

4. C 2 อะตอม และ H 2 อะตอม

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโน้มนทิตองนักเรียนรายบุคคล

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโนมตินักเรียนรายบุคคล

เลขที่	เรื่อง	ร้อยละความเข้าใจโนมตินักเรียน													
		ก่อนเรียน							หลังเรียน						
		SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน	SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน
1	1	0.0	33.3	16.7	0.0	0.0	50.0	11.7	50.0	33.3	16.7	0.0	0.0	0.0	30.0
	2	40.0	0.0	0.0	20.0	0.0	40.0	20.0	80.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
	3	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	66.7	20.0	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3	62.5
	4	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	22.5	0.0	66.7	16.7	0.0	16.7	0.0	56.7
	รวม	19.0	10.0	25.0	15.0	5.0	0.0	45.0	40.0	40.0	10.0	0.0	5.0	5.0	47.9
2	1	0.0	0.0	50.0	16.7	0.0	33.3	8.3	16.7	33.3	0.0	33.3	0.0	16.7	15.4
	2	20.0	60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	41.0	40.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.0
	3	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	28.3	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.2
	4	0.0	16.7	66.7	0.0	0.0	16.7	18.3	16.7	50.0	0.0	0.0	0.0	33.3	60.8
	รวม	22.5	5.0	20.0	50.0	5.0	0.0	20.0	20.0	55.0	0.0	10.0	0.0	15.0	52.3
3	1	33.3	16.7	33.3	0.0	0.0	16.7	17.1	66.7	16.7	0.0	16.7	0.0	0.0	31.7
	2	40.0	40.0	20.0	0.0	0.0	0.0	43.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0
	3	0.0	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	12.5	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	86.7
	4	16.7	33.3	33.3	0.0	0.0	16.7	48.8	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	74.2
	รวม	42.4	25.0	25.0	30.0	5.0	5.0	10.0	70.0	25.0	0.0	5.0	0.0	0.0	62.3
4	1	0.0	16.7	66.7	0.0	16.7	0.0	13.8	0.0	33.3	50.0	0.0	0.0	16.7	15.0
	2	20.0	20.0	40.0	0.0	0.0	20.0	23.0	20.0	20.0	60.0	0.0	0.0	0.0	36.0
	3	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	24.2	0.0	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	8.3
	4	0.0	16.7	50.0	0.0	0.0	33.3	32.9	0.0	33.3	16.7	16.7	16.7	16.7	34.2
	รวม	28.6	5.0	15.0	55.0	0.0	5.0	20.0	5.0	25.0	35.0	15.0	10.0	10.0	32.5
5	1	33.3	0.0	33.3	0.0	0.0	33.3	25.0	0.0	33.3	50.0	0.0	0.0	16.7	15.4
	2	0.0	0.0	20.0	20.0	20.0	40.0	16.0	0.0	40.0	40.0	0.0	20.0	0.0	39.0
	3	33.3	0.0	0.0	33.3	0.0	33.3	16.7	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	66.7	30.0
	4	16.7	16.7	33.3	0.0	0.0	33.3	28.3	16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0	57.5
	รวม	30.0	20.0	5.0	25.0	10.0	5.0	35.0	5.0	50.0	25.0	0.0	5.0	15.0	38.6
6	1	0.0	16.7	50.0	0.0	16.7	16.7	8.8	16.7	16.7	50.0	0.0	0.0	16.7	18.3
	2	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	23.0	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	26.0
	3	0.0	0.0	33.3	0.0	33.3	33.3	4.2	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	78.3
	4	0.0	33.3	33.3	0.0	16.7	16.7	39.6	0.0	33.3	16.7	0.0	0.0	50.0	31.7
	รวม	25.9	0.0	20.0	35.0	5.0	20.0	20.0	5.0	35.0	25.0	5.0	5.0	25.0	40.8

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโน้มนทิตองนักเรียนรายบุคคล (ต่อ)

เลขที่	เรื่อง	ร้อยละความเข้าใจโน้มนทิตองนักเรียน													
		ก่อนเรียน							หลังเรียน						
		SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน	SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน
7	1	0.0	33.3	33.3	16.7	0.0	16.7	12.5	0.0	66.7	16.7	16.7	0.0	0.0	11.7
	2	40.0	20.0	40.0	0.0	0.0	0.0	34.0	80.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	3	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	36.7	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	71.7
	4	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	16.7	19.2	50.0	33.3	16.7	0.0	0.0	0.0	68.3
	รวม	23.5	10.0	30.0	35.0	10.0	0.0	10.0	35.0	45.0	15.0	5.0	0.0	0.0	57.3
8	1	33.3	50.0	0.0	0.0	0.0	16.7	20.8	0.0	50.0	0.0	16.7	16.7	16.7	11.3
	2	40.0	40.0	20.0	0.0	0.0	0.0	44.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0
	3	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	75.0
	4	16.7	16.7	66.7	0.0	0.0	0.0	27.5	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	70.8
	รวม	38.0	25.0	35.0	30.0	5.0	0.0	5.0	45.0	35.0	0.0	10.0	5.0	5.0	53.4
9	1	0.0	0.0	50.0	16.7	0.0	33.3	6.7	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.1
	2	0.0	20.0	0.0	60.0	0.0	20.0	13.0	0.0	20.0	40.0	40.0	0.0	0.0	17.0
	3	0.0	0.0	0.0	33.3	33.3	33.3	3.3	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	45.0
	4	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	20.8	0.0	33.3	50.0	0.0	0.0	16.7	37.5
	รวม	14.5	0.0	5.0	35.0	25.0	5.0	30.0	0.0	50.0	30.0	10.0	0.0	10.0	41.4
10	1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	9.6	33.3	16.7	16.7	16.7	0.0	16.7	15.8
	2	0.0	20.0	40.0	40.0	0.0	0.0	16.0	40.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	16.0
	3	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	32.5	33.3	0.0	33.3	0.0	0.0	33.3	50.0
	4	0.0	16.7	50.0	0.0	16.7	16.7	32.1	16.7	50.0	16.7	0.0	16.7	0.0	45.0
	รวม	23.9	0.0	10.0	65.0	15.0	5.0	5.0	30.0	25.0	20.0	10.0	5.0	10.0	34.8
11	1	0.0	16.7	33.3	16.7	16.7	16.7	10.0	33.3	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	22.5
	2	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	16.0	0.0	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	39.0
	3	0.0	0.0	33.3	33.3	0.0	33.3	11.7	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	75.0
	4	0.0	0.0	66.7	16.7	0.0	16.7	15.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	58.3
	รวม	23.3	0.0	10.0	40.0	20.0	10.0	20.0	15.0	40.0	35.0	10.0	0.0	0.0	55.3
12	1	0.0	16.7	50.0	16.7	0.0	16.7	9.2	16.7	50.0	33.3	0.0	0.0	0.0	22.5
	2	40.0	40.0	20.0	0.0	0.0	0.0	46.0	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	3	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	31.7	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	78.3
	4	0.0	33.3	50.0	0.0	0.0	16.7	24.2	0.0	50.0	16.7	16.7	0.0	16.7	48.3
	รวม	28.8	10.0	30.0	45.0	5.0	0.0	10.0	25.0	45.0	20.0	5.0	0.0	5.0	58.0

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโน้มนทิตองนักเรียนรายบุคคล (ต่อ)

เลขที่	เรื่อง	ร้อยละความเข้าใจโน้มนทิตองนักเรียน													
		ก่อนเรียน							หลังเรียน						
		SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน	SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน
13	1	16.7	33.3	50.0	0.0	0.0	0.0	25.4	0.0	50.0	16.7	16.7	0.0	16.7	13.3
	2	0.0	60.0	0.0	0.0	20.0	20.0	30.0	40.0	40.0	20.0	0.0	0.0	0.0	47.0
	3	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	10.8	0.0	66.7	0.0	33.3	0.0	0.0	50.0
	4	16.7	33.3	16.7	0.0	33.3	0.0	39.6	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	0.0	68.3
	รวม	33.6	10.0	35.0	35.0	0.0	15.0	5.0	10.0	60.0	15.0	10.0	0.0	5.0	51.3
14	1	0.0	16.7	16.7	0.0	16.7	50.0	8.8	16.7	33.3	16.7	33.3	0.0	0.0	20.0
	2	0.0	40.0	20.0	0.0	20.0	20.0	20.0	0.0	20.0	60.0	0.0	0.0	20.0	23.0
	3	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	66.7	20.8	0.0	66.7	0.0	33.3	0.0	0.0	50.0
	4	0.0	16.7	33.3	16.7	0.0	33.3	25.4	0.0	66.7	16.7	0.0	0.0	16.7	55.8
	รวม	23.4	0.0	20.0	25.0	5.0	10.0	40.0	5.0	45.0	25.0	15.0	0.0	10.0	43.5
15	1	0.0	33.3	33.3	0.0	16.7	16.7	10.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	0.0	19.6
	2	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	26.0	20.0	40.0	40.0	0.0	0.0	0.0	42.0
	3	33.3	0.0	0.0	33.3	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	33.3	0.0	0.0	33.3	50.0
	4	0.0	16.7	66.7	0.0	0.0	16.7	8.3	16.7	50.0	16.7	0.0	0.0	16.7	47.5
	รวม	17.0	5.0	20.0	35.0	10.0	10.0	20.0	15.0	50.0	25.0	0.0	0.0	10.0	48.1
16	1	0.0	50.0	16.7	0.0	16.7	16.7	8.3	16.7	50.0	16.7	0.0	16.7	0.0	17.5
	2	0.0	40.0	0.0	20.0	20.0	20.0	33.0	0.0	40.0	20.0	0.0	20.0	20.0	40.0
	3	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	33.3	33.3	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	46.7
	4	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	15.0	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	83.3	8.3
	รวม	20.3	0.0	40.0	15.0	10.0	10.0	25.0	5.0	30.0	20.0	0.0	10.0	35.0	34.8
17	1	0.0	16.7	33.3	0.0	0.0	50.0	8.8	16.7	33.3	16.7	16.7	0.0	16.7	22.1
	2	0.0	60.0	20.0	20.0	0.0	0.0	30.0	0.0	60.0	0.0	40.0	0.0	0.0	40.0
	3	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	66.7	54.2	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	33.3	53.3
	4	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	66.7	10.4	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	53.3
	รวม	28.9	0.0	20.0	30.0	5.0	0.0	45.0	5.0	55.0	15.0	15.0	0.0	10.0	50.6
18	1	16.7	33.3	16.7	0.0	16.7	16.7	12.5	16.7	50.0	16.7	16.7	0.0	0.0	27.9
	2	20.0	40.0	0.0	20.0	0.0	20.0	46.0	20.0	40.0	20.0	20.0	0.0	0.0	56.0
	3	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	70.0	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	33.3	53.3
	4	16.7	33.3	33.3	0.0	16.7	0.0	33.3	0.0	50.0	33.3	0.0	0.0	16.7	38.3
	รวม	38.3	15.0	35.0	20.0	5.0	10.0	15.0	10.0	50.0	20.0	10.0	0.0	10.0	51.9

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโน้มนทของนักเรียนรายบุคคล (ต่อ)

เลขที่	เรื่อง	ร้อยละความเข้าใจโน้มนทของนักเรียน													
		ก่อนเรียน							หลังเรียน						
		SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน	SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน
19	1	0.0	33.3	16.7	0.0	0.0	50.0	3.3	16.7	50.0	0.0	0.0	16.7	16.7	12.9
	2	0.0	40.0	0.0	20.0	0.0	40.0	37.0	40.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0
	3	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	66.7	53.3	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	76.7
	4	0.0	50.0	16.7	0.0	0.0	33.3	32.5	0.0	50.0	33.3	0.0	0.0	16.7	36.7
	รวม	30.5	0.0	35.0	15.0	5.0	0.0	45.0	15.0	50.0	20.0	0.0	5.0	10.0	44.9
20	1	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	13.8	16.7	33.3	16.7	16.7	16.7	0.0	19.2
	2	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	20.0	36.0	0.0	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	36.0
	3	33.3	0.0	33.3	0.0	0.0	33.3	34.2	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	91.7
	4	0.0	50.0	33.3	0.0	16.7	16.7	25.4	16.7	50.0	16.7	0.0	0.0	16.7	46.7
	รวม	28.4	5.0	45.0	35.0	0.0	5.0	15.0	20.0	45.0	20.0	5.0	5.0	5.0	47.5
21	1	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	83.3	5.0	0.0	66.7	16.7	0.0	0.0	16.7	15.0
	2	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	80.0	16.0	0.0	40.0	0.0	20.0	0.0	40.0	29.0
	3	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	66.7	20.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	68.3
	4	0.0	0.0	16.7	16.7	16.7	50.0	10.8	0.0	33.3	50.0	0.0	0.0	16.7	47.5
	รวม	21.8	0.0	5.0	10.0	10.0	5.0	70.0	0.0	45.0	30.0	5.0	0.0	20.0	46.3
22	1	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	3.3	16.7	50.0	16.7	16.7	0.0	0.0	20.0
	2	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	40.0	27.0	20.0	60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	43.0
	3	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	6.7	0.0	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	46.7
	4	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	23.3	0.0	16.7	33.3	0.0	16.7	33.3	41.7
	รวม	23.3	5.0	5.0	55.0	0.0	0.0	35.0	10.0	40.0	25.0	10.0	5.0	10.0	46.3
23	1	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	83.3	2.1	0.0	50.0	33.3	0.0	0.0	16.7	8.3
	2	20.0	40.0	0.0	20.0	20.0	0.0	43.0	60.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	33.0
	3	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	33.3	20.8	33.3	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3
	4	0.0	16.7	50.0	0.0	16.7	16.7	16.3	0.0	16.7	50.0	0.0	0.0	33.3	26.7
	รวม	21.9	5.0	20.0	20.0	10.0	10.0	35.0	20.0	25.0	25.0	15.0	0.0	15.0	31.3
24	1	0.0	16.7	66.7	0.0	0.0	16.7	13.3	0.0	66.7	0.0	16.7	0.0	16.7	17.9
	2	0.0	40.0	0.0	20.0	0.0	40.0	26.0	0.0	60.0	20.0	20.0	0.0	0.0	42.0
	3	0.0	0.0	33.3	33.3	0.0	33.3	28.3	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	87.5
	4	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	33.3	0.0	33.3	16.7	0.0	0.0	50.0	32.5
	รวม	27.3	0.0	25.0	35.0	10.0	0.0	30.0	5.0	55.0	10.0	10.0	0.0	20.0	48.8

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโน้มนทิตองนักเรียนรายบุคคล (ต่อ)

เลขที่	เรื่อง	ร้อยละความเข้าใจโน้มนทิตองนักเรียน													
		ก่อนเรียน							หลังเรียน						
		SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน	SU	PU	PMU	MU	NU	NR	คะแนน
25	1	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	83.3	0.0	16.7	50.0	0.0	33.3	0.0	0.0	25.8
	2	0.0	40.0	20.0	20.0	0.0	20.0	27.0	20.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	3	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	66.7	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	0.0	33.3	41.7
	4	0.0	16.7	16.7	0.0	16.7	50.0	29.2	0.0	33.3	16.7	0.0	33.3	16.7	52.5
	รวม	28.0	0.0	15.0	10.0	10.0	10.0	55.0	15.0	45.0	5.0	15.0	10.0	10.0	52.3
26	1	16.7	0.0	50.0	0.0	33.3	0.0	10.4	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8
	2	20.0	40.0	40.0	0.0	0.0	0.0	43.0	20.0	60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	53.0
	3	33.3	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	37.5	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3	58.3
	4	16.7	16.7	66.7	0.0	0.0	0.0	36.3	0.0	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	25.0
	รวม	40.4	20.0	15.0	50.0	0.0	15.0	0.0	10.0	60.0	15.0	0.0	0.0	15.0	46.8
27	1	16.7	0.0	33.3	0.0	16.7	33.3	12.1	0.0	33.3	33.3	16.7	0.0	16.7	12.1
	2	20.0	40.0	20.0	0.0	0.0	20.0	27.0	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.0
	3	0.0	0.0	66.7	0.0	33.3	0.0	24.2	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	86.7
	4	0.0	16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	20.4	16.7	50.0	33.3	0.0	0.0	0.0	65.8
	รวม	25.1	10.0	15.0	50.0	0.0	10.0	15.0	25.0	40.0	25.0	5.0	0.0	5.0	49.1
28	1	0.0	16.7	16.7	0.0	16.7	50.0	1.7	33.3	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.3
	2	20.0	60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	37.0	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0
	3	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	23.3	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	88.3
	4	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	10.0	16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0	70.8
	รวม	21.3	5.0	20.0	40.0	0.0	5.0	30.0	35.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0
29	1	0.0	16.7	33.3	0.0	0.0	50.0	6.7	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	16.7	37.5
	2	0.0	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	43.0	0.0	80.0	20.0	0.0	0.0	0.0	53.0
	3	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	30.0	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	95.0
	4	0.0	16.7	66.7	0.0	0.0	16.7	33.3	0.0	33.3	33.3	16.7	0.0	16.7	60.0
	รวม	34.8	0.0	25.0	50.0	0.0	0.0	25.0	30.0	45.0	15.0	5.0	0.0	10.0	64.3
รวม	1	5.7	17.8	36.2	2.9	6.9	30.5	10.3	16.1	46.0	16.7	10.9	2.3	8.0	19.3
	2	12.4	35.2	16.6	12.4	5.5	17.9	30.4	30.3	40.0	17.2	6.9	2.1	3.4	39.2
	3	4.6	8.0	36.8	13.8	5.7	31.0	27.2	20.7	40.2	14.9	10.3	1.1	12.6	62.8
	4	3.4	20.7	45.4	1.7	5.2	23.6	25.2	9.2	46.6	21.8	1.7	3.4	17.2	49.0
	รวม	6.6	21.6	34.1	6.6	5.9	25.3	27.0	18.3	43.8	18.1	7.1	2.4	10.3	48.0

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายชาลี มีวงศ์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546 - พ.ศ. 2549 มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี พ.ศ. 2550 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 - ปัจจุบัน โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์ ตำบลตูม อำเภอปรางค์กู่ จังหวัดศรีสะเกษ
ตำแหน่ง	ครู ค.ศ. 2
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์ ตำบลตูม อำเภอปรางค์กู่ จังหวัดศรีสะเกษ โทรศัพท์ 09 5607 1784 Email: chaasaki@gmail.com