การพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก ด้วยโมเดลระดับอนุภาค

กฤษฎา พนันชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

DEVELOPMENT OF GRADE 10 STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING ON IONIC BONDING AND PROPERTIES OF IONIC COMPOUND BY USING PARTICULATE MODELS

KRITSADA PANANCHAI

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
YEAR 2018

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยโมเดลระดับอนุภาค

ผู้วิจัย นายกฤษฎา พนันชัย

คณะกรรมการสอบ

ดร.สนธิ พลชัยยา	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

……..……..……

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร)

…….....	…….....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)	(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย การเขียนรายงานวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างเรียบร้อย สมบูรณ์

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และ ดร.สนธิ พลชัยยา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความรู้ และสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พร้อมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่า และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย จนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านไปด้วยดี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท

ขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครู และบุคลากรทางการศึกษา โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้ความสะดวกในการวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณ บิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้เสมอมา

กฤษฎา พนันชัย
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	: การพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยโมเดลระดับอนุภาค
ผู้วิจัย	: กฤษฎา พนันชัย
ชื่อปริญญา	: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	: วิทยาศาสตร์ศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร
คำสำคัญ	: พันธะไอออนิก, วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ, โมเดลระดับอนุภาค, ความเข้าใจมโนมติ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยโมเดลระดับอนุภาค โดยมีกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน จากโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค จำนวน 12 ชั่วโมง และเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจมโนมติแบบวินิจฉัยสองลำดับขั้น จำนวน 21 ข้อ จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความเข้าใจมโนมติพบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียน (mean 37.11, SD 6.66) สูงกว่าก่อนเรียน (mean 18.76, SD 6.14) และสูงกว่าคะแนนความคงทนของมโนมติ (mean 36.20, SD 6.37) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยหลังเรียนมีผลรวมร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความเข้าใจมโนมติและความเข้าใจมโนมติผิด (NU+MU) ลดลงจากก่อนเรียนเป็น 51.41 และมีผลรวมร้อยละความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็น 35.35 และ 16.11 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความคงทนพบว่าแตกต่างกันกับคะแนนหลังเรียน แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคในลักษณะนี้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติในเรื่องนี้ของนักเรียนได้แต่ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนมีความคงทนของมโนมติได้เท่าที่ควร

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF GRADE 10 STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING ON IONIC BONDING AND PROPERTIES OF IONIC COMPOUND BY USING PARTICULATE MODELS
AUTHOR : KRITSADA PANANCHAI
DEGREE : MASTER OF SCIENCE
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : ASST. PROF. SAKSRI SUPASORN, Ph.D.
KEYWORDS : IONIC BONDING, INQUIRY LEARNING CYCLE, PARTICULATE MODELS, CONCEPTUAL UNDERSTANDING

The main purpose of this research was to develop conceptual understanding on ionic bonding and properties of ionic compounds by using 5E inquiry learning in conjunction with particulate models. The participants were 26 students, purposively selected from the population of grade 10 students at Yothinburana Phetchaburi School. The treatment tool was an inquiry learning cycle in conjunction with corresponding particulate models (12 hours) and the data collection tool was a two-tier diagnostic conceptual test (21 items). The t-test for dependent samples analysis indicated that the post-conceptual test score (mean 37.11, SD 6.66) was statistically significantly higher than the pre-conceptual test score (mean 18.76, SD 6.14). The retention-conceptual test score (mean 36.20, SD 6.37) was at the 95% confidence level. After the intervention, the percentages of students in the no and mis-conceptual understanding (NU+MU) decreased by 51.41, while the total percentage of students in the partial with mis-conceptual understanding (PMU) and partial and sound conceptual understanding (PU+SU) were increased by 35.35 and 16.11, respectively. This verified that this intervention was effective to develop students' conceptual understanding in the particular topic, but it is not effective to promote their retention of conceptual understanding.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 นิยามคำศัพท์	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มโนมติ (Concepts)	7
2.2 มโนมติที่คลาดเคลื่อนและมโนมติที่ผิด	9
2.3 การสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนการวิจัย	24
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	24
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	25
3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	27
3.5 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก	30
3.6 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	35
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล

4.1 คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 37

4.2 มโนมติถูกต้องสมบูรณ์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน มโนมติผิดไม่มีความเข้าใจมโนมติ และกลุ่มไม่มีคำตอบ 42

4.3 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจมโนมติต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน ความคงทน จำแนกตามเนื้อหา 50

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 60

5.2 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย 62

เอกสารอ้างอิง **64**

ภาคผนวก

ก แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก 71

ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก 88

ค รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบเครื่องมือ 108

ง การวิเคราะห์เครื่องมือ 110

จ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก 114

ฉ ภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค 118

ประวัติผู้วิจัย **122**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	คะแนนการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O – Net) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 (เคมี) โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี	2
2.1	พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	14
3.1	กิจกรรมและสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	25
3.2	การกำหนดข้อสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก	29
4.1	ผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนหลังเรียน และความคงทนของมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก (คะแนนเต็ม 63 คะแนน)	37
4.2	คะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน และหลังเรียน และผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหา เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก	38
4.3	คะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียน และความคงทน และผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหา เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก	40
4.4	ร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติระดับต่าง ๆ	42
4.5	ร้อยละของคะแนนกลุ่มมโนมติต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงก่อนเรียน และหลังเรียน	44
4.6	ร้อยละของคะแนนกลุ่มมโนมติต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงหลังเรียน และความคงทน	45
ง.1	ผลการวิเคราะห์ค่า IOC	111
ง.2	ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ	113
จ.1	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนที่เป็นแบบ 4 ตัวเลือก (คะแนนเต็ม 21)	115
จ.2	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนที่เป็นการเขียนอธิบายเหตุผล (คะแนนเต็ม 42)	116
จ.3	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือกและส่วนเขียนอธิบายเหตุผล (คะแนนเต็ม 63)	117

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	แบบทดสอบแบบชนิดตัวเลือกสองลำดับขั้นแบบสี่ตัวเลือกและการให้เหตุผล เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก	26
3.2	เกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก	27
3.3	สื่อ vdo การ์ตูน เรื่อง Ionic Bond	30
3.4	การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ Na และ ธาตุ Cl โดยใช้โมเดลระดับอนุภาค	31
3.5	บัตรคำในเกม “เธอคือฉัน ฉันคือเธอ”	31
3.6	โมเดลระดับอนุภาคแสดงอัตราส่วนอะตอมของธาตุที่เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก	32
3.7	กิจกรรมการทดลองการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	33
3.8	โมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	33
3.9	กิจกรรมการทดลองการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	34
3.10	โมเดลระดับอนุภาคแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	34
4.1	ร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน ของมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก	42
4.2	กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ของเนื้อหาทุกหัวข้อ ก่อนเรียน	46
4.3	กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ของทุกหัวข้อ หลังเรียน	47
4.4	การทำแบบทดสอบมโนมติหลังเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	47
4.5	กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ของทุกหัวข้อ หลังเรียนผ่านไป 3 สัปดาห์	48
4.6	กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน	49
4.7	กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก	50
4.8	กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาคเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก	51
4.9	การสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก	51
4.10	กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	52
4.11	กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	53
4.12	การทำแบบทดสอบวัดมโนมติของนักเรียน เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.13	กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	54
4.14	กิจกรรมการทดลองเรื่องสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายของสารต่าง ๆ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.15	55
4.15	กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	55
4.16	การสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	56
4.17	กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	57
4.18	กิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	57
4.19	กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	58
4.20	การสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	58
ฉ.1	การบรรยากาศการสอบวัดมโนมติของนักเรียน	119
ฉ.2	กิจกรรมการสร้างโมเดลการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	119
ฉ.3	กิจกรรมกลุ่มการสร้างโมเดลการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไออนิก	119
ฉ.4	กิจกรรมการทำงานกลุ่มในการทดลอง	120
ฉ.5	การสร้างโมเดลการละลายน้ำของสารประกอบไออนิก	120
ฉ.6	การอธิบายและให้คำปรึกษาของครูในการทำกิจกรรม	121

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ (science inquiry) สามารถพัฒนาของทักษะความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนที่มีมาก่อน ตลอดจนพัฒนาให้มีทักษะความรู้ในขั้นที่สูงขึ้น (bloom's taxonomy) ที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญ 5 ประการ ซึ่งในแต่ละประการนั้นสามารถพัฒนาทักษะความรู้ในขั้นต่าง ๆ ของผู้เรียนได้ ในแต่ละประการนั้นครูและนักเรียนมีบทบาทมากน้อยที่แตกต่างกัน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้ทั้งความรู้ กระบวนการและเจตคติมีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลนำไปสู่คำตอบของคำถาม มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สื่อสารคำตอบ ข้อมูล และสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้สาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนต้องเรียนประกอบด้วย ส่วนที่เป็นความรู้ เนื้อหาแนวคิดหลักจิตวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

วิชาเคมี เป็นวิชาแขนงหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกับวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรามากทีเดียว เช่น อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัย และอื่น ๆ ที่จำเป็นในการดำรงชีวิต ล้วนเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากความรู้หลักการวิชาเคมี และขณะนี้ความรู้หลักการของวิชาเคมีก็ได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทำให้ประเทศไทยเรามีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นและก้าวไปเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของปะเทศด้วย

จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในการเรียนวิชาเคมีเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเรียนแบบบรรยายตามทฤษีกับกิจกรรมการทดลอง พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจในกิจกรรมการทดลองมากกว่า เพราะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สังเกตได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงสี การเกิดฟองก๊าซ และตะกอน และนักเรียนจะถามเสมอว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการใช้สื่อ สามารถตอบคำถามและสามารถพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ในขั้นบูรณาการของผู้เรียนได้และเหมาะสมกับการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะไอออนิกซึ่งสามารถสังเกตสมบัติ และ

ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกให้เข้าใจได้ ยังสามารถพัฒนาทักษะความรู้ขั้นสูง ซึ่งจะส่งผลให้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากการทดสอบในโรงเรียนและการทดสอบระดับชาติได้

จากรายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 (เคมี) ของโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี ในปีการศึกษา 2557– 2559 (ตารางที่ 1.1) พบว่านักเรียนมีคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ มาตรฐาน ว 3.1 (เคมี) มีค่าเฉลี่ย 20.17, 20.57 และ 31.93 ตามลำดับซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต10จังหวัดเพชรบุรี และระดับประเทศ ทั้งนี้อาจมาจากโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี เป็นโรงเรียนในเขตบริการระดับชุมชน ซึ่งเป็นโรงเรียนดีประจำตำบล ดังนั้น นักเรียนที่มาเรียนส่วนใหญ่ เป็นนักเรียนที่มีผลทางการเรียนปานกลางถึงค่อนข้างอ่อน พื้นฐานความรู้เดิมไม่ดีเท่าที่ควร นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนค่อนข้างน้อย โดยนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เห็นคุณค่าในวิชาที่เรียน และมีนักเรียนส่วนน้อยที่จบการศึกษาแล้วเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาทำให้นักเรียนไม่ค่อยสนใจเรียน ส่งผลทำให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปค่อนข้างลำบาก นักเรียนเกิดการเรียนรู้ช้ากว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งสาเหตุหนึ่งเกิดจากครูผู้สอน ใช้กระบวนการสอนแบบเดิม ๆ สอนตามประสบการณ์เดิม เน้นการเรียนการสอนแบบบรรยาย โดยที่นักเรียนเป็นผู้รับรู้เพียงอย่างเดียว ครูผู้สอนขาดกระบวนการและเทคนิคการเรียนการสอนที่เน้น หรือกระตุ้นความสนใจของนักเรียนทำให้นักเรียนไม่สนใจ นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการเรียน จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำซึ่งจากการรายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี จากปีการศึกษา 2556 ถึง 2559 เป็น 62, 60, 63 และ 64 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่ทางโรงเรียนกำหนดไว้ คือ ร้อยละ 65

ตารางที่ 1.1 คะแนนการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O – Net) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 (เคมี) โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี

ระดับ	เต็ม	ปีการศึกษา 2557		ปีการศึกษา 2558		ปีการศึกษา 2559	
		ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
โรงเรียน	100	20.17	14.75	20.57	18.99	31.93	13.45
จังหวัด	100	28.98	20.91	27.27	20.45	30.14	20.27
สังกัด	100	26.48	19.54	25.59	19.48	28.70	19.68
ประเทศ	100	26.48	19.62	25.65	19.59	28.65	19.79

จากการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี ปีการศึกษา2559 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนไม่มีความเข้าใจ เรื่อง พันธะเคมี โดยนักเรียนไม่สามารถระบุได้ว่า การเกิดสารประกอบระหว่าง อะตอมของโลหะ กับ อโลหะ หรือ อะตอมของอโลหะ กับ อโลหะ มีลักษณะการรวมตัวที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนอย่างไร เกิดเป็นพันธะเคมีชนิดใด รวมทั้งไม่สามารถอธิบายการเกิดพันธะ สมบัติ และการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบดังกล่าวได้ นอกจากนี้นักเรียนยังเกิดความสับสนเกี่ยวกับการเรียกชื่อสารไอออนิก และสารโคเวเลนต์ โดยนักเรียนมักเปลี่ยนเสียงท้ายเป็น ไ-ด์ และมักระบุจำนวนอะตอมของธาตุด้วยภาษากรีก และนักเรียนส่วนมากเข้าใจเกี่ยวกับการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก แต่ไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคได้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อเรียนรู้ และเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อ การละลายน้ำ และการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก แล้วค่อยให้ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะ และบรรยายเสริมความเข้าใจให้ถูกต้องมากขึ้น จากจุดเด่นนี้ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการเรียนรู้โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง พันธะไอออนิกประกอบกับผู้วิจัยได้เรียนรู้และศึกษาเกี่ยวกับโมเดลระดับอนุภาคโดยใช้เม็ดแม่เหล็กแทนอนุภาคของสาร ณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2557 ซึ่งผู้วิจัยพบว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้โมเดลระดับอนุภาคมีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มขึ้น ช่วยพัฒนาความเข้าใจด้านทักษะกระบวนการเรียนรู้เกิดการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากในกระบวนการเรียนนักเรียนได้มีการทำงานซ้ำกันหลายๆ ครั้ง และนักเรียนสามารถตรวจสอบ และแก้ไขงานได้ในช่วงเวลาที่กำหนด พร้อมทั้งมีการให้ข้อเสนอแนะในงาน และเปิดโอกาสให้ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้า ของผู้เรียนและสามารถให้คำแนะนำป้อนกลับเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจในความรู้ที่ชัดเจนได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะ และส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนร่วมกับเพื่อน ในรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและได้ดีขึ้นหรือเสริมสร้างความเข้าใจที่มีอยู่แล้วให้เพิ่มขึ้น (Salter, Richard and Carey, 2004)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิก

1.2.2 เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียน และหลังเรียนผ่านไปแล้วสามสัปดาห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคเรื่อง พันธะไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิก

1.2.3 เพื่อศึกษากลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พันธะไอออนิก และสมบัติของสารประกอบไอออนิกก่อนเรียนและหลังเรียน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิก และสมบัติของสารประกอบไอออนิกมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคเรื่อง พันธะไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิกมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และหลังเรียนผ่านไปแล้วสามสัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคเรื่อง พันธะไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิกมีร้อยละกลุ่มมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีร้อยละกลุ่มมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบลดลง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรในการวิจัย ครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จำนวน รวม 40 คน

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จำนวนรวม 26 คนโดยการเลือกแบบเจาะจงจากประชากร

1.4.3 ตัวแปร

14.3.1 ตัวแปรอิสระ คือ กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค

14.3.2 ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์และกลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิก

1.4.4 เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 เรื่อง พันธะไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิก

1.4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำขึ้นในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคจำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลา 12 ชั่วโมง

1.5 นิยามคำศัพท์

1.5.1 เข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (sound conceptual understanding: SU) หมายถึง ถูกต้องทั้งหมด (ตัวเลือกถูกต้องและเหตุผลถูกต้องทั้งหมด)

1.5.2 เข้าใจมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (ตัวเลือกถูกต้อง และไม่มีเหตุผลที่ผิด)

1.5.3 เข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (Partial with misconceptual nderstanding: PMU) หมายถึง ตัวเลือกถูกต้องและเหตุผลไม่ถูกต้อง หรือตัวเลือกไม่ถูกต้อง เหตุผลถูกต้อง (ตอบผิดส่วนใดส่วนหนึ่ง)

1.5.4 เข้าใจมโนมติผิด (Mis conceptual understanding: MU) หมายถึงตัวเลือกและเหตุผลไม่ถูกต้องทั้งหมด

1.5.5 ไม่มีความเข้าใจมโนมติ (No understanding: NU) หมายถึง ตัวเลือกผิดและตอบเหตุผลไม่ตรงคำถาม หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม

1.5.6 ไม่แสดงข้อมูล (No Response: NR) หมายถึง ไม่เขียนตอบ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะมีทักษะความรู้ขั้นสูง และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพิ่มสูงขึ้น และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มสูงขึ้น

1.6.2 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี เนื่องจากได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดในระดับขั้นต่ำไปถึงระดับขั้นสูง ภูมิใจในผลงานของตนเอง เกิดแรงจูงใจที่อยากจะเรียนรู้ต่อไป

1.6.3 นำผลที่ได้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้ และมาตรฐานอื่น ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยโมเดลระดับอนุภาค ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำมาเรียบเรียงเป็นกรอบแนวคิดพื้นฐานในการวิจัยซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังนี้

(2.1) มโนมติ

(2.2) มโนมติที่คลาดเคลื่อนและมโนมติที่ผิด

(2.3) การสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

(2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มโนมติ (Concepts)

2.1.1 ความหมายของมโนมติ

คำว่า Concepts ในปัจจุบันที่นิยมใช้ในภาษาไทยมีอยู่หลายคำ เช่น มโนมติ มโนทัศน์ และแนวคิด สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า “มโนมติ” และนักศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ดังนี้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2544) กล่าวว่า มโนมติ คือ ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้น หรือ เกิดจากการสังเกตแล้วใช้คุณสมบัติหรือลักษณะที่มีความคล้ายคลึงกันจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติ หมายถึง การสังเคราะห์หรือบอกความสัมพันธ์จากข้อมูลที่กำลังศึกษา ซึ่งเกิดจากการใช้จินตนาการตัดสินอย่างมีเหตุผลของผู้เรียน โดยมโนมตินั้นเป็นสิ่งที่ซับซ้อนกว่าการรวบรวมความรู้ที่เป็นระบบอยู่แล้วเพื่อความเข้าใจในเรื่องที่กำลังศึกษา

ภพ เลาหไพบูลย์ (2534) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติ เป็นเรื่องของแต่ละบุคคล การที่บุคคลหนึ่งบุคคลใด สังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะทำให้เกิดการรับรู้บุคคลนั้นจะนำการรับรู้นี้มาปฏิสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา จะทำให้เกิดมโนมติซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับ

วัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นจะทำให้เขามีความรู้ขึ้น

จากความหมายของ มโนมติ ดังกล่าว สรุปได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งอาจเป็น วัตถุสิ่งของ เหตุการณ์และบุคคลซึ่งเกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำเรื่องเหล่านั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันความสัมพันธ์กันเป็นข้อสรุป

2.1.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ (scientific concepts) ดังนี้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2537) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ จนเกิดการรับรู้และสรุปเป็นความเข้าใจเรื่องนั้นของแต่ละบุคคล

นภาพร แถวโนนงิ้ว (2537) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องหนึ่งใดเรื่องหนึ่งในวิชาที่ได้จากข้อเท็จจริง และข้อมูลที่ได้มานั้นมาจากการทดลอง แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น นำมาประมวลสัมพันธ์กันเป็นข้อสรุป

กรรณิการ์ แจ้งหมื่นไวย (2534) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องหนึ่งเรื่องใด ที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริง และหลักการในทางวิทยาศาสตร์แล้วนำมาประมวลสัมพันธ์อย่างมีเหตุมีผล

ภพ เลาหไพบูลย์ (2534) ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน ซึ่งมโนมติหนึ่งอาจเกิดจากมโนมติหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กัน

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์นั้น ๆ เกี่ยวกับเรื่องหนึ่งใดเรื่องหนึ่ง มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมแล้วนำมาประมวลสัมพันธ์อย่างมีเหตุผล ซึ่งอาศัยข้อเท็จจริง และหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์

2.2 มโนมติที่คลาดเคลื่อนและมโนมติที่ผิด

2.2.1 มโนมติที่คลาดเคลื่อน

คำว่า Alternative concept ในภาษาไทยใช้ชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น มโนมติที่คลาดเคลื่อน มโนมติทางเลือก หรือแนวความคิดเลือก ผู้วิจัยใช้คำว่า “มโนมติที่คลาดเคลื่อน” นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของ มโนมติทางเลือก(Alternative concept) ดังนี้

Griffiths et al. (1988) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ แนวความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง ซึ่งเกิดจากแนวความคิดล่วง หน้าหรือที่มีอยู่ก่อน (Preconceptions) ซึ่งความคิดนี้อาจจะแตกต่างไปจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง แตกต่างไปเพียงบางส่วน หรือ สอดคล้องกับแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ ความคิดคลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นได้ต้องใช้ระยะเวลานาน ถ้าเกิดขึ้นแล้วจะเป็นความคิดที่ผิดพลาดจะคงอยู่ไปอีกนานที่ยากจะแก้ไขเปลี่ยนแปลง

Dyksyra, Boyle and monarch (1992) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นไป ของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของนักเรียน ซึ่งแตกต่างไปจากความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ยอมรับ

นภาพร แถวโนนงิ้ว (2537) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ ความรู้ ความเข้าใจ ซึ่งมีความรู้พื้นฐานมาจากการสังเกตหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่ไม่สมบูรณ์หรือเบี่ยงเบนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในปัจจุบัน

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ถูกต้อง ซึ่งอาจจะแตกต่างไปจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง แตกต่างไปเพียงบางส่วน หรือ สอดคล้องกับแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ อาจจะเกิดขึ้นมาตั้งแต่ช่วงก่อนเข้าโรงเรียน เกิดจากการศึกษาเล่าเรียน หรือเกิดหลังจากจบการศึกษาไปแล้ว

2.2.2 มโนมติที่ผิด

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของ มโนมติที่ผิด (Misconception) ดังนี้

Lawson (2001) ให้ความหมายว่า มโนมติที่ผิด หมายถึง ความรู้ของตนเองที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎี หรือความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ยอมรับ ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ตนเองโดย มโนมติที่ผิด นี้เกิดขึ้นกับนักเรียนแล้วจะฝังแน่นยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้

Sander (1993) ให้ความหมายว่า มโนมติที่ผิด หมายถึง ข้อสันนิษฐานเชิงสติปัญญาที่ผิดพลาดหรือไม่ถูกต้องที่นักเรียนมีอยู่และยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้ถูกต้อง ในระยะเวลาอันสั้น โดยคำตอบที่ผิดไม่จำเป็นต้องเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนเสมอไป จึงควรแยกให้ชัดเจนว่าเป็นมโนมติที่ผิด สิ่งใดเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนซึ่งมโนมติที่ผิด เป็นมโนมติ เป็นมโนมติที่ไม่ตรงกับมโนมติของนักวิทยาศาสตร์ยอมรับ

Lawson and Thompson (1988) ให้ความหมายว่า มโนมติที่ผิด หมายถึง ความรู้ที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากการมีประสบการณ์ด้วยตนเอง และมโนมติที่ผิดนี้โดยมากจะเป็นแนวความคิดที่ผิดพลาดที่นักเรียนมีอยู่และฝังแน่น ยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้

Griffiiths et al. (1988) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนมติที่ผิด หมายถึง แนวความคิดเชิงมโนมติที่มีความหมายแตกต่างกันไปจากความหมายของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป และยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้ถูกต้อง

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนมติที่ผิด หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่ผิดพลาดเกี่ยวกับความเป็นจริง หรือหลักการที่ผิดพลาดไปจากนักวิทยาศาสตร์ยอมรับยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไข

จากความหมายของมโนที่คลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิด สามารถสรุปความแตกต่างได้ดังนี้ มโนมติที่คลาดเคลื่อน เป็นแนวความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเองของเขาเอง ซึ่งอาจจะแตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง แตกต่างเพียงบางส่วนหรือเหมือนของนักวิทยาศาสตร์ก็ได้ มโนมติที่คลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยระยะเวลายาวนาน ส่วนมโนมติที่ผิดเป็นความเข้าใจของนักเรียนที่มีอยู่และไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หรือหลักการที่ผิดพลาดไปจากนักวิทยาศาสตร์และคนทั่วไปยอมรับ ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะคงอยู่ต่อไปอีกนานยากที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลงและขัดขวางการเรียนรู้ที่ถูกต้องของนักเรียน

2.2.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิด

Renner et al. (1990) ได้กล่าวไว้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิดเกิดจากหลายสาเหตุ ดังนี้

(1) ตำราเรียน เช่น การแก้ปัญหาทักษะทางวิทยาศาสตร์ การทำกิจกรรมและการลงข้อสรุปความรู้ต่าง ๆ

(2) ความบกพร่องของหลักสูตร และวิธีการสอนโดยครูยังใช้การสอนแบบเดิม คือ การสอนแบบบรรยาย แบบสาธิต การให้นักเรียนท่องจำ ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่ไม่มีประสิทธิภาพในการที่จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ กระตุ้นการเรียน หรือพัฒนาความเข้าใจมโนมตินั้น

(3) นักเรียนขาดข้อสรุปล่วงหน้าที่นักเรียนที่อยู่ก่อน หรือจากแนวความคิดที่ไม่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์

(4) Simpson and Marek (1988) ได้กล่าวไว้ว่า ประสบการณ์ในโรงเรียนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติที่ผิด หรือมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากคำอธิบายของครู หรือผู้ใหญ่ ที่ขาดความรู้ ความเข้าใจในมโนมตินั้น ๆ ดีพอทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ผิดหรือคลาดเคลื่อนโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

สรุปได้ว่าสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนและมโนมติที่ผิดอาจเกิดจากตำราเรียน ตัวนักเรียนเอง ความบกพร่องของหลักสูตร วิธีการสอนซึ่งเมื่อเกิดขึ้นกับนักเรียนแล้วยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไข เมื่อนักเรียนรู้มโนมติใหม่ก็จะเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้มโนมตินั้น ๆ

2.2.4 การแก้ไขการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิด

Basili and Sanford (1991) พบว่าการให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มโดยเฉพาะกลุ่มขนาดเล็ก นักเรียนไม่เกิน 4 – 5 คน ซึ่งเป็นวิธีการเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative Group Work) โดยวิธีการนี้จะทำให้นักเรียนรู้มโนมติที่ผิดได้

Wandersee (1986) พบว่าการใช้ประวัติศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ครูที่สอนสามารถใช้ประสบการณ์สอนของครูในการเพิ่มการเรียนรู้อย่างมีความหมายของนักเรียนภายในห้องเรียนโดยวิธีการเชื่อมโยงมโนมติ ซึ่งพบว่า เมื่อนำมาใช้ในการสอน นักเรียนสามารถที่จะสร้างความสัมพันธ์เกี่ยวกับมโนมติต่าง ๆ ได้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุ อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย ได้กล่าวถึงหลักการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติไว้ สรุปได้ดังนี้

(1) การใช้อุปกรณ์ สื่อให้เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียน โดยการเรียนการสอนนั้น การใช้อุปกรณ์การสอนที่เหมาะสม จะช่วยให้ครูประสบผลสำเร็จในการสอนทำให้นักเรียนเกิดความพอใจ สนใจและสนุกสนาน อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนจะทำให้เนื้อหาที่ยากกลับง่ายขึ้นทำให้บทเรียนที่ซับซ้อนชัดเจนขึ้น ซึ่งการเลือกใช้อุปกรณ์ และสื่อการสอนนั้น ครูผู้สอนที่จะเป็นผู้พิจารณาว่า อุปกรณ์นั้น ๆ เหมาะสมกับบทเรียน และนักเรียนเพียงใด

(2) การจัดประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียน ในการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างมโนมติได้นั้น ครูจะต้องจัดประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียนได้สัมผัสของจริงให้มากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย หรือครูผู้สอนอาจนำสื่อการสอนต่าง ๆ เช่น รูปภาพ หุ่นจำลอง หรือวีดีทัศน์ ฯลฯ มาใช้ในการสอนกามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติขึ้นมาด้วยตนเอง

(3) การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ตามปกติบุคคลจะสามารถเรียนรู้โดยอาศัยประสาทสัมผัส เช่น การเห็น การได้ยิน การชิม การดม หรือการสัมผัส ดังนั้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักสังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ ออกมาให้เห็นอย่างเด่นชัดเหล่านี้จะทำให้เขามีความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้น อันจะนำไปสู่การสร้างมโนมติต่อไป

(4) การเลือกใช้วิธีการสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียน ในการสอนสิ่งใดก็ตามครูจะต้องเป็นผู้พิจารณาเลือกวิธีการสอน และจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้นักเรียน วิธีการสอนบางวิธี เช่น

วิธีสอนแบบบรรยายควรนำมาใช้ให้น้อยที่สุด เพราะการสอนวิธีนี้จะทำให้นักเรียนเกิดมโนภาพที่จะนำไปสู่การสร้างมโนมติอย่างผิด ๆ ได้ง่าย

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การสอนเพื่อทำให้เกิดมโนมติในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับนักเรียนและครูผู้สอนโดยครูผู้สอนจะต้องคำนึงถึง การสอนที่เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติจริง ใช้อุปกรณ์และสื่อการสอนที่เหมาะสม วิธีการสอนที่เน้นกระบวนการกลุ่มไม่ควรสอนแบบบรรยายเนื่องจากทำให้นักเรียนเกิดมโนภาพที่คลาดเคลื่อนหรือผิด ๆ ได้ง่ายความรู้เดิมหรือประสบการณ์ของนักเรียนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ครูผู้สอนควรคำนึงถึงในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2.3 การสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.3.1 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนการสอนด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมในวิชาวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของนักการศึกษา ได้กล่าวไว้สอดคล้องกันดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2545) การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการดำเนินการเรียนการสอนที่ผู้สอนกระตุ้นนักเรียนให้เกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน เช่น ด้านการสืบเสาะหาแหล่งเรียนรู้ การศึกษาหาข้อมูลการวิเคราะห์การสรุปข้อมูลการอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

พิมพันธ์ เดชคุปต์ (2544) เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยการความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย โดยจะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผสมผสานระหว่างการใช้กระบวนการคิดและทักษะต่าง ๆ เพื่อที่จะแก้ปัญหา หรือค้นคว้าหาคำตอบ ทำให้เกิดความมั่นใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545) เป็นการใช้คำถามที่มีความหมาย เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบค้นหรือค้นหาคำตอบในประเด็นปัญหาที่กำหนด

จากความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังกล่าว สรุปได้ว่าเป็นกระบวนการในการตอบคำถามและแก้ปัญหา การไต่ถามหรือตั้งคำถาม หรือเป็นการดำเนินการเรียนการสอนที่ผู้สอนกระตุ้นนักเรียนให้เกิดคำถาม เกิดความคิด ลงมือเสาะแสวงหาความรู้ รู้จักการใช้เหตุผล นำมาประกอบการพิจารณา เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเองโดยผู้สอนช่วยอำนวยความ

สะดวกในการเรียนรู้ต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน จะทำให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา และแก้ปัญหาด้วยตนเอง และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาสติปัญญาและความสามารถของนักเรียน

ดังนั้นการสืบเสาะหาความรู้หมายถึง กระบวนการการสอนที่เน้นให้นักเรียนใช้การค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองอย่างมีระบบ โดยใช้คำถามช่วยเพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปคำตอบนั้นด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูมีหน้าที่คอยช่วยเหลือ ชี้แนะ แนะนำ และอำนวยความสะดวก

2.3.2 ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้หลากหลายรูปแบบต่างกัน ในประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้นำเสนอการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยอิงตามขั้นตอนการเรียนรู้แบบ 5E เลยเรียกติดปากว่าวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น หรือ 5E inquiry learning cycle และงานวิจัยนี้จะเลือกใช้แบบ 5E ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายกลุ่มเรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เคยเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ต้องการศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจจะให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็น หรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา กำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะต้องศึกษาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยนำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่น่าสนใจยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางที่จะสำรวจตรวจสอบที่หลากหลาย

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เพื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่จะสนใจอย่าถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวมรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาเพื่อข้อมูลต่าง ๆ อย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อมูลสรุป (Explanation) เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาดสร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้ง

กับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ตั้งไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใด ก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดความเข้าใจได้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องตาง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความถูกต้องหรือสอดคล้องมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นเริ่มต้นของกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมควรจะโยงสิ่งที่เป็นประสบการณ์ที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้วและสิ่งที่กำลังเรียนอยู่	- ถามคำถาม เช่น ทำไมถึงเกิดเช่นนี้ อะไรที่ฉันรู้แล้วบ้างเกี่ยวกับเรื่องนี้ ข้อมูลอะไรที่ฉันสามารถหาเพื่อศึกษาเรื่องนี้ จะมีวิธีการแก้ปัญหาเรื่องนี้อย่างไร	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามหรือปัญหา - ตรวจสอบหรือหาความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดหรือหัวข้อที่กำลังจะสอน
ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะรับประสบการณ์เพื่อหาและพัฒนาแนวคิด กระบวนการและทักษะของตน	- คิดอย่างสร้างสรรค์ภายใต้กิจกรรมที่กำหนด - ทดสอบการทำนายและสมมติฐาน - ตั้งการทำนายและสมมติฐานใหม่ - หาวิธีการแก้ปัญหาและอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการนั้นกับเพื่อนร่วมชั้น - บันทึกสิ่งที่สังเกตได้ - ตรวจสอบแนวคิดของตน	- สนับสนุนให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม - สังเกต และฟังขณะนักเรียนทำงาน และมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น - ถามคำถามเพื่อชี้ประเด็นให้นักเรียนรู้ทิศทางว่าเขากำลังตรวจสอบอะไร - ให้เวลากับนักเรียนในการสำรวจตรวจสอบ

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
		- เป็นที่ปรึกษา
ขั้นอธิบาย เป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียนพิจารณาประเด็น ต่าง ๆ ในขั้นสร้างความสนใจ และขั้นสำรวจ และค้นหาที่ผ่านมา และเปิดโอกาสให้แสดงความเข้าใจ กระบวนการ หรือทักษะของตน ในขั้นนี้ครูสามารถนำเสนอแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะของนักวิทยาศาสตร์	- อธิบายคำตอบที่เป็นไปได้แก่เพื่อนร่วมชั้น - ฟังการอธิบายของเพื่อนกลุ่มอื่นอย่างพินิจพิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับการอธิบายของผู้อื่น - ฟัง และพยายามทำความเข้าใจการอธิบายจาก - เชื่อมโยงกับกิจกรรมที่ผ่านมาใช้ข้อมูลที่บันทึกจากการสังเกตในการอธิบาย	- สนับสนุนให้นักเรียนอธิบายแนวคิด และนิยามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง - ถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนแสดงหลักฐาน และสร้างความกระจ่างกับสิ่งที่สำรวจหรือค้นหา - เตรียมคำนิยาม คำอธิบายและคำศัพท์ใหม่ - ใช้ประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการอธิบายแนวคิด
ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นท้าทาย และขยายความสนใจของนักเรียนให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะเพิ่มเติม การเรียนรู้แบบร่วมมือจะเกิดขึ้นในขั้นนี้ด้วย นักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจที่ลึกและกว้างขึ้นจากประสบการณ์ใหม่	- การประยุกต์หรือขยายแนวคิดกระบวนการหรือทักษะของตน - นำความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ - เรียนรู้แบบร่วมมือ - ร่วมอภิปรายเป็นกลุ่ม - แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่น - รับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนร่วมชั้น - เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่	- กระตุ้นนักเรียนให้แสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนความคิดของตน - ให้ข้อมูลป้อนกลับ - จัดเตรียมประสบการณ์หรือสถานการณ์หรือปัญหาใหม่
ขั้นประเมิน ขั้นประเมินเป็นขั้น	- ประเมินการพัฒนาความเข้าใจของตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และเรียนรู้อย่างไร	- กระตุ้นให้นักเรียนประเมินความเข้าใจของตน

ตารางที่ 2.1 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
สนับสนุนให้นักเรียนได้ประเมินความเข้าใจ และความสามารถของตน และครูได้มีโอกาสประเมินพัฒนาของนักเรียนว่าเป็นไปตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือไม่ อย่างไร	- เปรียบเทียบความรู้เดิม และแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติม - ทำแบบวัด และประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของตน	- วัด และประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน - ใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบการเรียนรู้ของนักเรียน

ที่มา: ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551: 39-42)

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ ขั้นสร้างความสนใจเป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้โดยการถามคำถาม หรือกำหนดสถานการณ์ โดยกิจกรรมในขั้นนี้เป็นกิจกรรมที่เชื่อมโยงในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วและสิ่งที่กำลังจะเรียนต่อไป ในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนสำรวจตรวจสอบและค้นหาแนวคิดของตนโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อรวบรวมข้อมูลในการตอบปัญหาขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการสำรวจตรวจสอบ ร่วมกันวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของข้อมูล แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป แล้วสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลนั้นด้วยคำพูดของนักเรียน ในขั้นขยายความรู้นักเรียนเชื่อมโยงกับคำอธิบายของนักเรียนกับความรู้อื่น ๆ และเปรียบเทียบกับความรู้วิทยาศาสตร์และนักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจที่ลึกและกว้างขึ้นจากประสบการณ์ใหม่ และขั้นประเมินผล ครูประเมินผลนักเรียนในทุกขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้และเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินความเข้าใจของตัวเองด้วย

2.3.3 ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) และพิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

(1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

(2) เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์ และนักจัดระเบียบ

(3) การค้นพบด้วยตัวเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ

(4) นักเรียนได้มีโอกาสฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

(5) นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอนจะทำให้การเรียนมีความหมาย เป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

(6) นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

(7) นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

(8) นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีข้อดีคือ นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาศักยภาพด้านปัญญา ความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติ มีประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนค้นพบและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง จึงทำให้การเรียนมีความหมาย มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถจดจำความรู้ได้นานและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และมโนมติ เรื่อง พันธะเคมี

จำลอง ศรีมงคุณ (2553) ได้ศึกษาพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนที่ใช้หน่วยการเรียนรู้ พันธะเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนที่ใช้สิ่งช่วยจัดมโนมติล่วงหน้า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอนใช้สิ่งช่วยจัดมโนมติล่วงหน้าเป็นกิจกรรมที่ได้มีการเตรียมโครงสร้างทางปัญญา ของนักเรียนที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ทำให้นักเรียนมองเห็นโครงสร้างโดยรวมของเนื้อหาที่จะเรียน มีการเสนอแผนผังความคิดก่อนที่จะเรียนเพื่อให้นักเรียนแยกแยะจัดกลุ่ม เปรียบเทียบ และอธิบายความสัมพันธ์ภาพรวม ของเนื้อหาทำให้การเรียนรู้ง่ายขึ้น นอกนี้การมีสื่อการสอนที่หลากหลาย เช่น เกมบัตรคำ การจับคู่ การทำแผนภูมิสายใยความคิด การทดลอง การอภิปราย การทำกิจกรรมกลุ่มการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันภายในกลุ่มระหว่าง นักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน ทำให้นักเรียนสนุกสนาน กระตือรือร้นตลอดเวลา และการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการจัดการเรียนรู้ โดยการทำใบงาน และร่วมเฉลยใบงาน และนักเรียนยังเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของตนเองด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การทำสรุปและแต่ละหัวข้อทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย จำได้นาน เกิดความรู้ที่คงทน

ศรีบุญตาม โจมศรี (2553) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนมติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนแผนผังมโนมติของนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป เนื่องจากการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิม โดยที่นักเรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะแสวงหาความรู้ใหม่ และเสริมสร้างประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียน นอกจากนี้ในรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ในขั้นสำรวจ และค้นหานักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อทำใบงานกิจกรรม ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ และความเข้าใจได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการกระทำ นอกจากนี้ยังมีการทำแผนผังมโนมติ เพื่อสะท้อนกลับความเข้าใจของนักเรียน โดยแผนผังมโนมติ ช่วยสรุปประเด็นสำคัญ ย่อสรุปเนื้อหา ทำให้ผู้เรียนจำได้ง่าย และเกิดความคงทนในการจำ เกิดแรงจูงใจในการเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถรวบรวมความคิดออกมาเป็นโครงสร้างของการเขียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ฐิติสิทธ นิลโสม (2552) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง พันธะเคมี ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ทั้งนี้เนื่องจากการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นการถ่ายโอนความรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรละเลยหรือทอดทิ้งจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนจะทำให้ครูได้ทราบว่านักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การเรียนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการเรียนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียน มีการประเมินที่หลากหลาย

อุมาพร เอี่ยมลออ (2552) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการเรียนจากการแก้ปัญหา (PCLM: Problem - Centered Learning Model) เรื่อง พันธะเคมี ผลจากการวิจัยพบว่าหลังจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี สูงขึ้นทุกมโนมติ และมีมโนมติคลาดเคลื่อนลดลง ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา ครู ได้กำหนดปัญหาใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิมของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนได้ปรับขยายความคิดของตนอย่างลึกซึ้ง มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในการสร้างความรู้ร่วมกัน ทำให้นักเรียนมีมโนมติถูกต้องมากขึ้น โดยผู้เรียนสามารถคิดหาคำตอบหรือหาวิธีในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ด้วยวิธีที่หลากหลาย แล้วนำมาอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผู้อื่น ทำให้มีการปรับขยายและพัฒนาความคิดของตนเองได้กว้างขวางขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่เรียนมากขึ้น ส่วนนักเรียน

ที่ไม่ผ่านเกณฑ์อาจเป็นเพราะนักเรียนยังไม่เข้าใจมโนมติที่เรียนอย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้การใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่านักเรียนให้ความสนใจและความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม มีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น นักเรียนได้คิด ปฏิบัติและทำความเข้าใจด้วยตนเอง นักเรียนได้ความรู้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น

สยาม ตัญจพัฒน์กุล (2548) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ที่เรียนด้วยโปรแกรมการเรียนการสอนบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้โปรแกรมการเรียนการสอนผ่านเว็บ เรื่อง พันธะเคมี สูงกว่าก่อนได้รับการสอน เพราะโปรแกรมการเรียนการสอนผ่านเว็บมีภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบและการทดลอง อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างครูกับผู้เรียน และระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง มีการตอบสนองให้ผลป้อนกลับได้ทันที ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองทุกที่ ทุกเวลา โดยแต่ละคนจะใช้เวลาในการเรียนแตกต่างกัน และมีการทำแบบทดสอบซึ่งสามารถย้อนกลับได้ทันที จึงเป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้สนใจเรียนมากขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

กาญจนา ตังคะประดิษฐ์ (2547) ได้ศึกษาแนวคิดเรื่องพันธะเคมี ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนจากกระบวนการจัดการเรียนการสอน ตามแนวคอนสตรักติวิซึม ผลการวิจัยพบว่า การจัดการะบวนการเรียนการสอน ตามแนวคอนสตรักติวิซึมเป็นการพัฒนาให้นักเรียนเกิดแนวคิดเรื่องพันธะเคมี โดยพบว่า พื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนอยู่ในระดับดี จึงมีผลต่อการเรียนรู้แนวคิดใหม่ ทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น สามารถสร้างองค์ความรู้ได้เร็ว ส่วนนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้เดิมต่ำ เมื่อได้รับการสอนตามแนวคอนสตรักติวิซึม จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน และนักเรียนที่เรียน เรื่องพันธะเคมี ตามแนวคอนสตรักติวิซึมมีเจตคติต่อวิชาเคมีดีขึ้นกว่าเดิม ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้มีการทดลองการใช้สื่อประกอบการเรียนการสอน เรียนแบบไม่ต้องท่องจำ มีการเข้ากลุ่มซึ่งคนเก่งสามารถอธิบายให้คนอ่อนเข้าใจได้ ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อ วิชาเคมี

อัจฉรา ยังคง (2547) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนแบบร่วมมือ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพลว่า นักเรียนที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ ใช้รูปแบบการเรียนแบบร่วมมือเปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การรับฟังเหตุผลของกันและกัน ทำให้ได้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการทำงานและความรู้ของตนเอง ก่อให้เกิดกระบวนการคิดของตนเอง นักเรียนเก่งช่วยอธิบายนักเรียนที่อ่อนกว่าทำให้เข้าใจในเนื้อหาสาระเรื่องที่ตนเองสอนมากขึ้นเกิดองค์ความรู้ในตนเองแบบคงทน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

วิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง (2543) ได้ศึกษาผลของการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การสอนตามทฤษฎีของ Posner และคณะ กับการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงจากมโนมติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนมติวิทยาศาสตร์ในทุกมโนมติ และมีจำนวนผู้ที่เปลี่ยนเป็นมโนมติวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุมโดยมโนมติที่มีการเปลี่ยนแปลงจากมโนมติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนมติวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการเขียนสูตรแบบจุด ส่วนมโนมติที่มีผู้เปลี่ยนแปลงมโนมติคลาดเคลื่อนเป็นมโนมติวิทยาศาสตร์น้อยที่สุด คือ สมการไอออนิกจากการสอนโดยใช้การสอนทฤษฎีของ Posner และคณะ พบว่าสามารถลดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากทฤษฎีของ Posner และคณะมีขั้นตอนที่เน้นในเรื่องการเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมโนมติใหม่ต้องเข้าใจแจ่มแจ้ง กิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้นักเรียนร่วมกิจกรรมและทำทุกขั้นตอนด้วยตนเอง นักเรียนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน ๆ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ทำให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจและปรับเปลี่ยนมโนมติได้ถูกต้องยิ่งขึ้น และถ้าความรู้เดิมไม่ถูกต้องจะมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความรู้ใหม่ได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554) ก็ได้ศึกษาการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาษ เรื่อง พันธะเคมี พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาษ เรื่อง พันธะเคมี สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธารทองพิทยาคมสูงขึ้น และช่วยลดมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ลดลงได้ ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 นั้น เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเน้นการมอบหมายงาน (Task – based approach) แก่ผู้เรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจกับความรู้ จากการคิด จากการลงมือปฏิบัติ การให้ข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครูผู้สอนทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในการทำงาน สามารถนำงานของตนเองไปปรับปรุงแก้ไข สามารถพัฒนาความเข้าใจ และความรู้ของนักเรียนทำให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องมากขึ้นในเรื่อง พันธะเคมี ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และมโนมติ เรื่อง พันธะเคมี จะเห็นได้ว่า เนื้อหาเรื่องพันธะเคมีเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน และมีผู้วิจัยหลายท่านได้มีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถให้นักเรียน มีมโนมติถูกต้องมากขึ้น มโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้หลายแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ การสร้างแบบจำลอง เกมบัตรคำ การจับคู่ การทำแผนภูมิสายใยความคิด การทดลอง การอภิปราย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่เรียนได้ในเป็นเวลานานยิ่งขึ้น

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับมโนมติวิทยาศาสตร์ที่ผิดและที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

คณะวิจัยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ชาตรี ฝ่ายคำตา เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง และวรรณทิพา รอดแรงค้า, 2549) ได้สำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 29 คน ปีการศึกษา 2546 โดยข้อสอบประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับแนวคิดวิชาเคมี 9 ข้อ ซึ่งใน 9 ข้อประกอบด้วยเรื่องต่าง ๆ ในวิชาเคมี จำนวน 6 เรื่อง ได้แก่มวลอะตอม และมวลธาตุ 1 อะตอม กฎอนุรักษ์อะตอม การเผาไหม้ และพันธะเคมี กระบวนการละลายของสาร และสมดุลเคมี โดยพบว่า นิสิตร้อยละ 48.28 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) และนิสิตร้อยละ 17.24 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ บางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU & SM) ร้อยละ 27.59 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยนิสิตไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับความเสถียรของโมเลกุล เพราะนิสิตคิดว่าการเสถียรของโมเลกุล หมายถึง ภาวะสมดุลหรือการอยู่ตัว นอกจากนี้นิสิตไม่เข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเกิดจากนิสิตยังสับสนเรื่อง อะตอมอิเล็กตรอนโมเลกุลและความมีขั้วของโมเลกุล ซึ่งจากการสำรวจพบว่านิสิตครูยังมีความคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมีอยู่มาก โดยควรมีการสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเพื่อให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ และเรียนรู้อย่างมีความหมายแทนการท่องจำ มีสื่อการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้เกิดจินตนาการง่ายขึ้นเพื่อนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่เรียนวิชาเคมี

ศักดิ์ศรี สุภาษร (2559) ได้ศึกษามโนมติ เรื่อง สารละลาย ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาค ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 38 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติผิด (MU) และคลาดเคลื่อน (AU) ลดลงจากก่อนเรียน และร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติถูกต้อง (SU) เพิ่มขึ้นจากก่อน และจากการวิเคราะห์คะแนนจากภาพวาดเมนทอลโมเดลระดับอนุภาค พบว่านักเรียนมีคะแนนเมนทอลโมเดลหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน โดยหลังเรียนมีผลรวมร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความเข้าใจมโนมติและความเข้าใจมโนมติผิด (NU+MU) ลดลงจากการก่อนเรียน และมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ลดลงจากก่อนเรียน ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติ และเมนทอลโมเดลความเข้าใจระดับอนุภาค เรื่อง สารละลาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มนตรี เชื้อพันธุ์งาม (2544) ได้วิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ปริมาณสารสัมพันธ์ 2 และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน

ในทุกเรื่อง สาเหตุที่นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นเรื่องที่นักเรียนไม่สามารถสัมผัสได้โดยตรง จะต้องอาศัยความรู้ขั้นพื้นฐานประกอบการศึกษาเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถทำให้เนื้อหานั้นมีความเป็นรูปธรรมในความคิดของนักเรียนเพื่อที่จะได้สรุปเป็นมโนมติใหม่ซึ่งอาจทำให้เกิดมโนมติคลาดเคลื่อนได้ง่าย เนื่องจากไม่มีพื้นฐานความรู้เรื่องนั้น ซึ่งการศึกษามโนมตินั้นต้องอาศัยมโนมติเดิมเป็นพื้นฐานมาประมวล แยกแยะสรุปไปยังความรู้ใหม่มาสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ ถ้านักเรียนไม่สามารถนำความรู้เดิมมาช่วยเกิดมโนมติใหม่ได้ ก็จะทำให้มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย

Coll and Taylor (2001) ได้ทำการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และระดับอุดมศึกษา ซึ่งใช้ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ พบว่านักเรียนส่วนมากมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน ดังนี้ในเรื่อง พันธะโลหะ พันธะไอออนิก ขนาดและประจุของไอออน ดังนี้ พันธะโลหะเป็นพันธะที่แข็งแรงน้อยโดยพันธะโคเวเลนต์ เป็นแรงยึดเหนี่ยวภายนอกโมเลกุล ซึ่งเป็นแรงที่อ่อน และพันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน และนักเรียนยังสับสนในเรื่อง รัศมีของโซเดียมไอออนในพันธะไอออนิกว่ามีขนาดใหญ่กว่ารัศมีของคลอไรด์ไอออน

Birk and Kurtz (1999) ได้ทำการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีมาแล้วจากโรงเรียนมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา โดยตรวจสอบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในช่วงใด ซึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยคำถามที่วัดความเข้าใจใน 6 เรื่อง ดังนี้ ขั้วของพันธะ รูปร่างโมเลกุล พลังงานแลตทิซ แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล และกฎออกเตต โดยรูปร่างโมเลกุล เกิดจากแรงจากการผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่านั้น หรือรูปร่างโมเลกุลเกิดจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเท่านั้น ในเรื่องขั้วของพันธะโคเวเลนต์ เกิดจากอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่ากัน และโมเลกุลไม่มีขั้วเกิดกับโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีเท่านั้น ประจุของไอออนสามารถใช้ทำนายขั้วของพันธะได้

สุภาพร อินบุญนะ (2542) ได้ทำการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกรด – เบส ในทุกมโนมติที่เลือกมาศึกษาโดยมโนมติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ คู่กรด – เบส การบอกปริมาณการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน H_3O^+ และ OH^-ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย การคำนวณเปรียบเทียบเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลของกรดอ่อน – เบสอ่อน และสมดุลของน้ำ ตามลำดับโดยนักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิงในมโนมติ เรื่อง คู่กรด – เบส และกรดอ่อน – เบสอ่อน โดยนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่าโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งมโนมติที่คลาดเคลื่อนอาจเนื่องมาจาก การมีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอ จากหนังสือเรียนให้ข้อมูลไม่ครบถ้วน เกิดจากการขาดประสบการณ์หรือไม่ได้รับข้อมูลที่มีความหลากหลายทำให้นักเรียนสร้างข้อสรุปหรือ

มโนมติ ที่ผิดหรือไม่ถูกทุกกรณีและครูผู้สอนยังมีอิทธิพลมากต่อการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน นอกจากครูผู้สอนจะมีมโนมติที่ถูกต้องแล้วยังต้องมีความรู้ในเรื่องมโนมติที่คลาดเคลื่อนในรูปแบบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับตัวนักเรียนได้ เมื่อเปรียบเทียบนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนน้อยกว่านักเรียนชายอาจเป็นเพราะนักเรียนหญิงมีกระบวนการคิดละเอียดรอบคอบมากกว่านักเรียนชาย และมีความตั้งใจเรียนมากกว่า ส่วนโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษมีมโนมติคลาดเคลื่อนน้อยกว่าโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางเนื่องจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษส่วนมากเป็นโรงเรียนประจำจังหวัดนักเรียนผ่านการคัดเลือกเข้าศึกษาต่อส่วนใหญ่มีความสามารถด้านการเรียนสูงกว่า และมีเครื่องมือ อุปกรณ์การเรียนพร้อมกว่ามีการแข่งขันสูงดังนั้น นักเรียนจึงกระตือรือร้นตลอดเวลาทำให้มีมโนมติคลาดเคลื่อนน้อยกว่าโรงเรียนขนาดใหญ่มโนมติ เรื่อง กรด – เบส เป็นเรื่องยากในการทำความเข้าใจดังนั้นในการสอนอาจต้องใช้แบบจำลองประกอบหรือเปรียบเทียบกับสิ่งของที่นักเรียนรู้จักและเคยเห็นมาเพื่อช่วยให้สร้างมโนมติได้ถูกต้อง

มโนมติที่คลาดเคลื่อนอาจเนื่องมาจากการมีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอ เช่น การจะมีมโนมติถูกต้องในเรื่องกรด – เบส นักเรียนควรมีความรู้ถูกต้อง ในเรื่องสารละลาย สมดุลเคมีปริมาณสารสัมพันธ์ อะตอมและโครงสร้างอะตอม ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์พบว่า นักเรียนยังมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย และความสัมพันธ์ระหว่างสารต่าง ๆ ในสมการเคมี ได้แก่ โมล มวล อนุภาค และปริมาตรของก๊าซที่ STP นักเรียนเข้าใจว่าอนุภาคของสารใด ๆ 1 โมล คือ ปริมาณสารที่มี เท่ากับ 1 โมเลกุล มีปริมาณเท่ากับ 22.4 dm^3 (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; สุนพร พรจำเริญ, 2543)

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับกลุ่มมโนมติต่าง ๆ สรุปได้ว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติอยู่ในกลุ่มที่คลาดเคลื่อน และมีผู้วิจัยหลายท่านได้มีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถให้นักเรียนมีมโนมติถูกต้องมากขึ้น มโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายทำให้หลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีร้อยละมโนมติที่ดีขึ้นโดยเปลี่ยนมาอยู่ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องและถูกต้องสมบูรณ์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีค่อนข้างมาก ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่ากระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เหมาะที่จะนำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบ ไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เน้นการทำงาน การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองทำให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องและคงทนมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยโมเดลระดับอนุภาคมีวิธีดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

(3.1) แบบแผนการวิจัย

(3.2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

(3.3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

(3.4) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

(3.5) การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

(3.6) การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นแบบกลุ่มเดียวมีการวัดผลก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และวัดผลความคงทนของความรู้ (single group time series design) ดังนี้

$$E: T_1 \rightarrow X \rightarrow T_2 \rightarrow T_3$$

เมื่อ T_1 แทน การวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค

T_2 แทน การวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค

T_3 แทน การวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคผ่านไปสามสัปดาห์หรือ 21 วัน

X แทนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม. 4/1 – 2) แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี

อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จำนวน 40 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม. 4/1) แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรีซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive selection) จำนวน 1 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 26 คนใช้เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยโมเดลระดับอนุภาค รวม 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 12 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมและสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการเรียนรู้	กิจกรรม	แบบจำลองระดับอนุภาค	ชั่วโมง
1. การเกิดพันธะไอออนิก	- กิจกรรมผู้รับสุขใจ ผู้ให้ได้บุญ	การสร้างแบบจำลองระดับอนุภาคของการเกิดพันธะไอออนิก	3
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- เกมเธอคือฉัน ฉันคือเธอ: จับคู่สูตรเคมีและชื่อจากบัตรคำที่กำหนดให้ - การเขียนสูตรจากชื่อสารประกอบที่กำหนดให้	การสร้างแบบจำลองระดับอนุภาคแสดงอัตราส่วนอะตอมของธาตุที่เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก	3
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	- การทดลอง เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	- กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค แสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกจากโจทย์กำหนดให้	3
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	- การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	- กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค แสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	3
รวม			12

3.3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติแบบวินิจฉัย 2 ลำดับขั้น (2 – tier multiple choice conceptual test) เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก จำนวน 21 ข้อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นตัวเลือกของคำตอบชนิด 4 ตัวเลือก และส่วนที่สองเป็นเหตุผล ซึ่งมีค่าความยากง่าย (difficulties) อยู่ในช่วง 0.38 - 0.54 ค่าอำนาจจำแนก (discrimination power) อยู่ในช่วง 0.23 - 0.77 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Kuder-Richardson formula หรือ KR20) เป็น 0.71 ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาพที่ 3.1

16. เมื่อนำเกลือKBrละลายในน้ำบริสุทธิ์ ข้อใดเขียนสมการการละลายได้ถูกต้อง

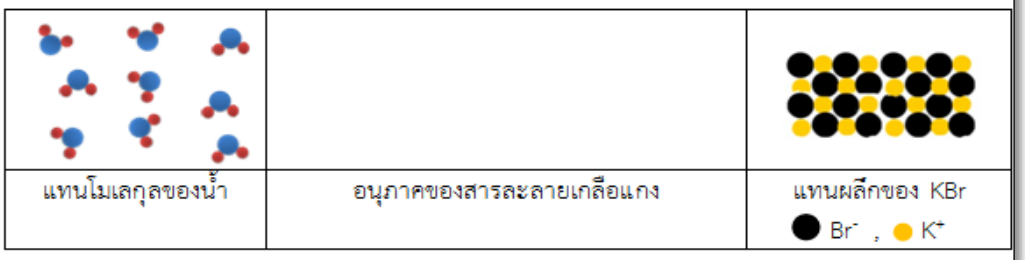
ก. $KBr\ (s) + H_2O\ (l) \longrightarrow KBr\ (aq)$

ข. $KBr\ (s) + H_2O\ (l) \longrightarrow K^+\ (aq) + Br^-\ (aq)$

ค. $2KBr\ (s) + H_2O\ (l) \longrightarrow K_2O\ (aq) + 2HBr\ (aq)$

ง. $KBr\ (s) + H_2O\ (l) \longrightarrow K^+\ (aq) + Br^-\ (aq) + 2H^+\ (aq) + O^{-2}\ (aq)$

คำอธิบาย ; วาดภาพระดับอนุภาคแสดงการละลายของเกลือ KBr



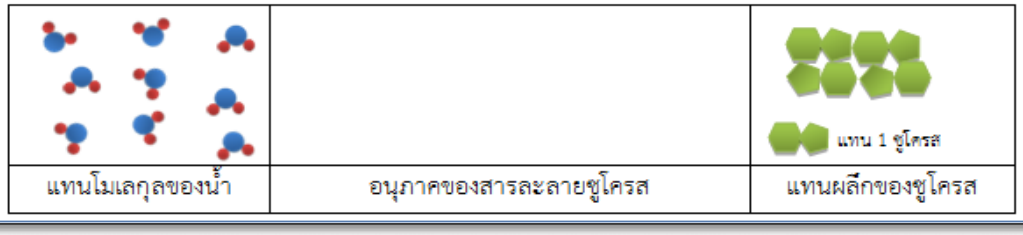
17. เมื่อนำน้ำตาลซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ละลายในน้ำบริสุทธิ์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. มีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น ทำให้โมเลกุลของซูโครสแตกตัวออกเป็นกลูโคส และ ฟรักโตส

ข. มีการสลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารให้แยกออกจากกัน

ค. มีสารผลิตภัณฑ์สารใหม่เกิดขึ้น

ง. โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสบางส่วนไม่สามารถละลายน้ำได้จึงเกิดตะกอน



ภาพที่ 3.1 แบบทดสอบแบบชนิดตัวเลือกสองลำดับขั้นแบบสี่ตัวเลือก และการให้เหตุผล เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

3.3.3 เกณฑ์การให้คะแนน (Rubric Score) รายข้อ ตามความสอดคล้องของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาพที่ 3.2

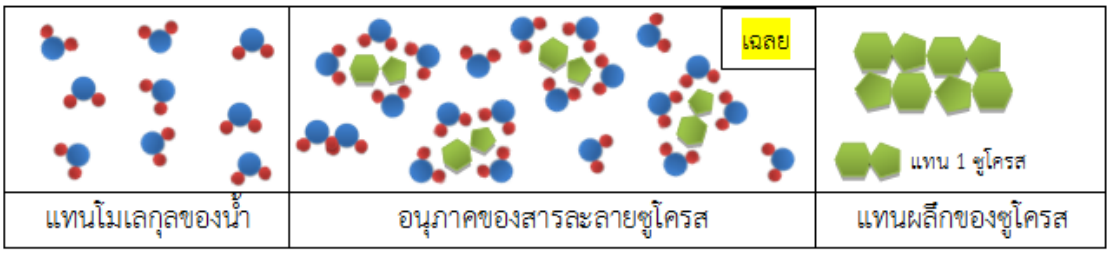
17. เมื่อนำน้ำตาลซูโครส($C_{12}H_{22}O_{11}$) ละลายในน้ำบริสุทธิ์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. มีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น ทำให้โมเลกุลของซูโครสแตกตัวออกเป็นกลูโคส และ ฟรักโตส

ข. มีการสลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารให้แยกออกจากกัน

ค. มีสารผลิตภัณฑ์สารใหม่เกิดขึ้น

ง. โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสบางส่วนไม่สามารถละลายน้ำได้จึงเกิดตะกอน



Code	คะแนน	มโนมติ
17AR	+0.50	โครงร่างผลึกของซูโครสกระจายออกจากกัน
17AW	0	โครงร่างผลึกของซูโครสไม่กระจายออกจากกัน
17BR	+0.50	โครงร่างผลึกของซูโครสกระจายออกจากกันเป็นแบบโมเลกุลซูโครส
17BW	0	โครงร่างผลึกของซูโครสกระจายออกจากกันเป็น กลูโคส และ ฟรักโตส
17CR	+0.50	แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบโมเลกุลซูโครส
17CW	0	ไม่แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบโมเลกุลซูโครส
17DR	+0.50	อะตอม Hของน้ำหันเข้าล้อมรอบโมเลกุลของซูโครส
17DW1	0	อะตอม H ของน้ำไม่หันเข้าล้อมรอบโมเลกุลของซูโครส
17DW2	0	การล้อมรอบแบบไม่มีแบบรูป (no pattern)

ภาพที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

3.4.1.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมีไอออนิก

3.4.1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดจุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อประกอบการเรียน รวมทั้งวิธีการวัด และประเมินผลในแต่ละชุดการเรียนรู้ดังตารางที่ 3.1

3.4.1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และพิจารณาให้ข้อคิดเห็นแล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

3.4.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขไปให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง

3.4.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบเสาะหาทางวิทยาศาสตร์โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ในขั้นนี้เป็นการสร้างและนำเสนอสิ่งเร้าเพื่อให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นมีความสนุกสนานในการร่วมกันทำกิจกรรม ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจครูจะให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นซึ่งครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนยกมือขึ้นตอบ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ในขั้นนี้นักเรียนอ่านเนื้อหาในใบความรู้และช่วยกันทำกิจกรรมจากใบงานตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมีไอออนิกในส่วนของการเรียนการสอนที่ต้องทำกิจกรรมการทดลองให้นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่มและการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มซึ่งจะฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง และการยอมรับฟังความคิดเห็นจากเพื่อนในกลุ่ม โดยครูจะอธิบายให้ส่วนที่นักเรียนสงสัย และไม่เข้าใจในบางประเด็น

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนมาเฉลยใบงานหน้าชั้นเรียนและถ้าเป็นการทดลองนักเรียนจะมาอภิปรายผลการทดลองหน้าชั้นเรียน และสรุปผลการทดลองเป็นกลุ่มนักเรียนคนอื่น ๆ จดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงในแบบบันทึกการทดลองซึ่งครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถกเถียงข้อสงสัยได้อย่างเต็มที่ และในตอนสุดท้ายครูจะสรุปแนวคิดหลักให้นักเรียนฟังอีกหนึ่งรอบ

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ในนั้นนี้นักเรียนจะศึกษาสถานการณ์ที่เกี่ยวกับ เรื่อง พันธะเคมีไอออนิกในหัวข้อต่าง ๆ และตอบคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสถานการณ์จะฝึกให้นักเรียนได้คิด และตอบคำถามเกี่ยวกับการวัดการคิดเชิงวิพากษ์ทั้ง 6 ด้าน

คือกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานการจัดระบบข้อมูล รวบรวมข้อมูล การสรุปอ้างอิงโดยใช้เหตุผล และการประเมินสรุปอ้างอิง

5) ขั้นประเมิน (Evaluation) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นตอนของการสรุปเนื้อหาที่เรียน ซึ่งครูจะตั้งคำถาม และให้นักเรียนตอบคำถามหรือใช้ให้นักเรียนมาสรุปหน้าชั้นเรียน

3.4.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีไอออนิก

แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมีไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และให้เหตุผล จำนวน 21 ข้อ โดยมีขั้นตอนดำเนินการสร้าง ดังนี้

3.4.2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจากทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักการวัด และประเมินผล เทคนิคการสร้างข้อสอบ การสร้างแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

3.4.2.2 ศึกษาเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะไอออนิก นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อนำไปสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3.4.2.3 สร้างตารางวิเคราะห์ เพื่อกำหนดความสำคัญของเนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยผ่านการตรวจสอบจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นกำหนดน้ำหนักของข้อสอบ โดยคำนึงถึงจำนวนคาบ และเวลาที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 3.2

3.4.2.4 นำมาทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัยชนิดตัวเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และให้เหตุผล จำนวน 21 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ปรับปรุงจาก สุภาพ ตาเมือง กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และศักดิ์ศรี สุภาษร (2560)

3.4.2.5 นำแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนอคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 3.2 การกำหนดข้อสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

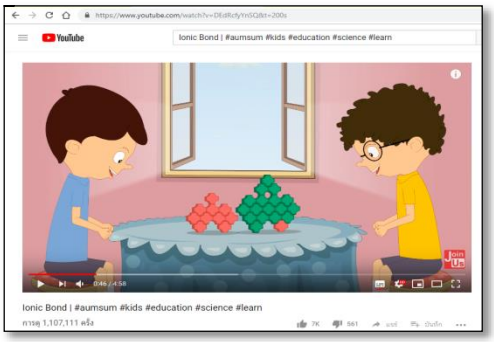
แผนที่	เนื้อเรื่อง	จำนวนข้อ
1	การเกิดพันธะไอออนิก	6
2	การเขียนสูตรและการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิก	6
3	สมบัติของสารประกอบไอออนิก	5
4	ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	4
รวมข้อสอบทั้งหมด		**21**

3.4.2.6 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค จำนวน 21 ข้อ แล้วจึงนำไปใช้เก็บข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรีต่อไป

3.5 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

3.5.1 กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

3.5.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูกระตุ้นสร้างความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียนโดยการให้ชมวีดีโอการ์ตูนภาพภาพเคลื่อนไหวภาษาอังกฤษเรื่อง Ionic Bond จาก YouTube แล้วถามนักเรียนว่าการ์ตูนนี้เกี่ยวกับเรื่องอะไร (นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม)

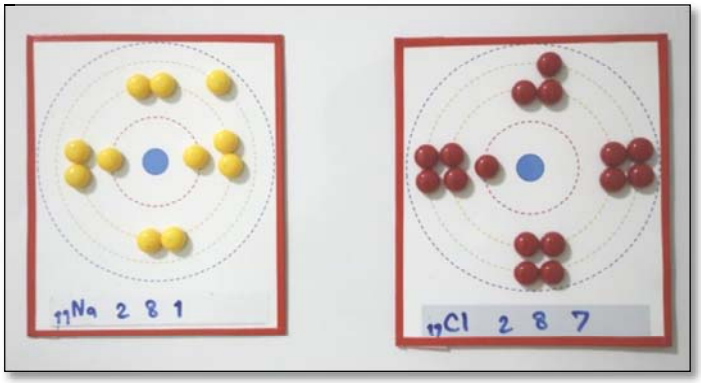


ภาพที่ 3.3 สื่อ vdo การ์ตูน เรื่อง Ionic Bond

ที่มา: It's AumSum Time (2015)

1) ครูยกตัวอย่างสารชนิดต่าง ๆ เขียนลงในกระดาน แล้วถามนักเรียนว่า สารที่เขียนอยู่บนกระดานเป็นสารชนิดใด (พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนซ์ พันธะโลหะ) เช่นด่างทับทิม ($KMnO_4$), เกลือแกง (NaCl), น้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$), น้ำเปล่า (H_2O), น้ำส้มสายชู (CH_3COOH), เหล็ก (Fe) และ ทองแดง (Cu), โซดาทำขนม ($NaHCO_3$), ปูนดิบ (CaO), โซดาไฟ (NaOH) เป็นต้น (นักเรียนอาจจะตอบถูกหรือตอบผิดบ้าง นักเรียนเริ่มสงสัยและคิดวิธีหาคำตอบ)

3.5.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนคละความสามารถ เก่ง ปานกลาง อ่อน กลุ่มละ 4 - 6 คน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก และอธิบายการใช้สื่อโมเดลระดับอนุภาคที่สมมติขึ้นจากเม็ดแม่เหล็กหลากสี เพื่อให้นักเรียนช่วยกันสืบเสาะหาคำตอบ นักเรียนอาจหาได้หลายรูปแบบตามความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอน



ภาพที่ 3.4 การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ Na และ ธาตุ Cl โดยใช้โมเดลระดับอนุภาค

3.5.1.3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป นักเรียนใช้สื่อแล้วได้เรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนสามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุได้ถูกต้องหรือไม่ และพันธะไอออนิกเกิดขึ้นได้อย่างไร นักเรียนช่วยกันอภิปราย และครูช่วยปรับแก้ไขความเข้าใจของนักเรียนให้ถูกต้อง

3.5.1.4 ขั้นขยายความรู้ นักเรียนและครูช่วยกันอภิปรายเกี่ยวกับพลังงานอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องในการเกิดพันธะไอออนิก

3.5.1.5 ขั้นประเมินผล ตรวจสอบการเขียนบันทึกของนักเรียน พฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง การวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง

3.5.2 กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

3.5.2.1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูใช้เกมกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยให้เล่นเกม “เธอคือฉัน ฉันคือเธอ” จับคู่สูตรเคมี และชื่อจากบัตรคำที่กำหนดให้ โดยใช้เวลาสั้น ๆ

ภาพที่ 3.5 บัตรคำในเกม “เธอคือฉัน ฉันคือเธอ”

3.5.2.2 ขั้นสำรวจ และค้นหา ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และอธิบายการใช้สื่อโมเดลระดับอนุภาคที่สมมติ

ขึ้นจากเม็ดแม่เหล็กหลากสี เพื่อให้นักเรียนช่วยกันสืบเสาะหาคำตอบจากกกิจกรรม นักเรียนอาจหาได้หลายรูปแบบตามความเข้าใจเกี่ยวกับการการเขียนสูตรจากชื่อสารประกอบที่กำหนดให้

ภาพที่ 3.6 โมเดลระดับอนุภาคแสดงอัตราส่วนอะตอมของธาตุที่เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก

นักเรียนทุกคนทำใบงานที่ 2 และ 3 เรื่อง การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

3.5.2.3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 - 3 กลุ่มออกมานำเสนอข้อมูลที่ได้จากการศึกษา และช่วยกันอภิปรายสรุปประเด็นความรู้ ให้เข้าใจ และถูกต้องร่วมกัน

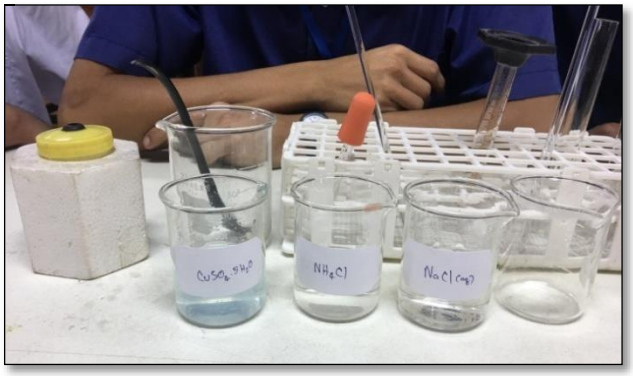
3.5.2.4 ขั้นขยายความรู้ ครูยกตัวอย่างสารประกอบไอออนิกอื่น ๆ พร้อมทั้งเรียกชื่อเพื่อเพิ่มความรู้ให้นักเรียน โดยนักเรียนสามารถอธิบายการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกพร้อมทั้งอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกได้ด้วย

3.5.2.5 ขั้นประเมินผล ครูสุ่มถามนักเรียนโดยตั้งคำถามเกี่ยวกับหลักการเขียนสูตร และการอ่านชื่อสารประกอบไอออนิก และประเมินจากการตอบคำถาม ใบงานที่ 2 และ 3 และการทำกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยโมเดลโมระดับอนุภาค

3.5.3 กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

3.5.3.1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูนำตัวอย่างสารประกอบไอออนิก $CuSO_4$, NH_4Cl และ NaCl มาให้นักเรียนร่วมกันสังเกตลักษณะทางกายภาพของสารประกอบไอออนิก พร้อมตั้งคำถามกระตุ้นความสนใจว่า สารนี้ละลายน้ำได้หรือไม่ หากละลายน้ำแล้วอนุภาคเป็นอย่างไร

3.5.3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ คละความสามารถ แล้วแจกใบความรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก และใบกิจกรรมที่ 3 เรื่องการละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมทดลองการละลายของสารประกอบไอออนิก (ดังภาพที่ 3.7) จากนั้นให้นักเรียนสร้างโมเดลระดับอนุภาคจากเม็ดแม่เหล็กหลากสีแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกจากโจทย์ที่ครูกำหนดให้ (ดังภาพที่ 3.8)



ภาพที่ 3.7 กิจกรรมการทดลองการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

ภาพที่ 3.8 โมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

3.5.3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจากกิจกรรมภายในกลุ่มของตน ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 - 3 กลุ่มออกมาอภิปรายผลการทดลองหน้าชั้นเรียน จากนั้นครู และนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับการละลายของสารประกอบไอออนิก

3.5.3.4 ขั้นขยายความรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันขยายความรู้ว่า นอกจากสมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกแล้ว ยังมีสมบัติทางกายภาพที่นักเรียนต้องรู้เช่น มีความแข็งแรงแต่แตกเปาะง่าย เนื่องจากมีแรงผลักกันระกว่างไอออเมื่อมีการทบตี จุดหลอมเหลวสูง การนำไฟฟ้าในสถานะของเหลว

3.5.3.5 ขั้นประเมิน ครูประเมินจากการตอบคำถามระหว่างเรียน การทำใบกิจกรรม

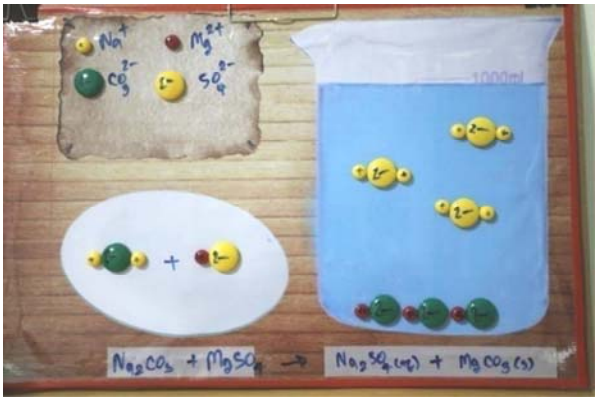
3.5.4 กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

3.5.4.1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาแข่งกันเขียนสารประกอบไอออนิกที่รู้จักบนกระดานให้ได้มากที่สุด ครูใช้คำถามกระตุ้นความสงสัยว่า สารประกอบไอออนิกในกระดานนั้น สารใดละลายน้ำได้บ้าง และสารใดไม่ละลายน้ำ (นักเรียนช่วยกันตอบ) จากนั้นครูถาม

ต่ออีกว่าแล้วถ้าเรานำสารละลายไอออนิกเหล่านี้มาผสมกัน จะเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ และทราบได้อย่างไรว่าเกิดปฏิกิริยา และมีสมการไอออนิกเป็นอย่างไร นักเรียนจะได้สืบเสาะจากกิจกรรมต่อไปนี้

3.5.4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ คละความสามารถ แล้วทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก (ดังภาพที่ 3.9) จากนั้นสร้างโมเดลระดับอนุภาคที่ทำจากเม็ดแม่เหล็ก แสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกโดยระบุสารที่เกิดปฏิกิริยา และไม่เกิดปฏิกิริยาอย่างชัดเจน (ดังภาพที่ 3.10)

ภาพที่ 3.9 กิจกรรมการทดลองการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก



ภาพที่ 3.10 โมเดลระดับอนุภาคแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

3.5.4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจากกิจกรรมภายในกลุ่มของตน ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 - 3 กลุ่มออกมาอภิปรายผลการทดลองหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

3.5.4.4 ขั้นขยายความรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันขยายความรู้โดยกาสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกของสารชนิดอื่น ๆ

3.5.4.5 ขั้นประเมิน ครูประเมินจากการตอบคำถามระหว่างเรียน การทำกิจกรรม การทดลอง และการสร้างโมเดลระดับอนุภาค

3.6 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวมรวมข้อมูลโดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

ผู้ศึกษาดำเนินการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี จำนวน 26 คน มีขั้นตอน ดังนี้

3.6.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pre – Test) ในกลุ่มตัวอย่างโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก จำนวน 21 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที

3.6.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้จำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

3.6.3 ทดสอบหลังเรียน (Post – Test) ในกลุ่มตัวอย่าง โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกจำนวน 21 ข้อ ชุดเดิมสลับข้อสอบ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

3.6.4 ทดสอบหลังเรียนเมื่อผ่านไปสามสัปดาห์ โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก จำนวน 21 ข้อ ชุดเดิมสลับข้อสอบ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.7.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ผู้วิจัยได้มีการแจกแจงและคำนวณหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามแบบต่าง ๆ โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละกลุ่ม ความเข้าใจมโนมติของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจาก สุภาพ ตาเมือง กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และศักดิ์ศรี สุภาษร (2560) ดังนี้

3.7.1.1 เข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (sound conceptual understanding: SU) หมายถึง ถูกต้องทั้งหมด (ตัวเลือกถูกต้องและเหตุผลถูกต้องทั้งหมด) ได้คะแนนเต็ม คือ 3 คะแนน

3.7.1.2 เข้าใจมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (ตัวเลือกถูกต้อง และไม่มีเหตุผลที่ผิด) ได้คะแนน คือ 1.5 - 2.5 คะแนน

3.7.1.3 เข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (Partial with misconceptual understanding: PMU) หมายถึง ตัวเลือกถูกต้องและเหตุผลไม่ถูกต้อง หรือตัวเลือกไม่ถูกต้อง เหตุผลถูกต้อง (ตอบผิดส่วนใดส่วนหนึ่ง) ได้คะแนน คือ 0.5 - 1 คะแนน

3.7.1.4 เข้าใจมโนมติผิด (Mis conceptual understanding: MU) หมายถึงตัวเลือกและเหตุผลไม่ถูกต้องทั้งหมดได้ 0 คะแนน

3.7.1.5 ไม่มีความเข้าใจมโนมติ (No understanding: NU) หมายถึง ตัวเลือกผิด และตอบเหตุผลไม่ตรงคำถาม หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถามได้ 0 คะแนน

3.7.1.6 ไม่แสดงข้อมูล (No Response: NR) หมายถึง ไม่เขียนตอบได้ 0 คะแนน

3.6.2 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังมีการคำนวณความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งในกรณีที่เป็นร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (% actual learning gain) ซึ่งคำนวณจากร้อยละของคะแนนหลังเรียนลบด้วยร้อยละของคะแนนก่อนเรียน และในกรณีที่เป็นความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ (normalized learning gain: <g>) ซึ่งคำนวณตามสูตรของ Hake (1998) ได้แก่ <g> = (%post-test – %pre-test)/(100% – %pre-test) โดยที่ค่า <g> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.30 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับต่ำ ค่า <g> มากกว่า 0.30 แต่น้อยกว่า 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับปานกลาง และค่า <g> มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับสูง

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

3.7.3 วิเคราะห์หาร้อยละของมโนมติของนักเรียนก่อนเรียน และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค โดยแยกเป็นมโนมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) ถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) เข้าใจมโนมติผิด (MU) ไม่มีความเข้าใจมโนมติ (NU) และ ไม่แสดงข้อมูล (NR) โดยมาวิเคราะห์ และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในแต่ละข้อ

บทที่ 4
ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยโมเดลระดับอนุภาคครั้งนี้แสดงผลการวิจัย และอภิปรายผลดังนี้

4.1 คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติของนักเรียนที่เรียนด้วยโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตัวเลือกสองลำดับขั้น (two - tier multiple choice conceptual test) จำนวน 21 ข้อ ดังนี้

4.1.1 การเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกแบบทั้งชั้นเรียน

จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก และเปรียบเทียบคะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนความคงทนของมโนมติ ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent samples t-test) ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนหลังเรียน และความคงทนของมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก (คะแนนเต็ม 63 คะแนน)

<table>
<tr><th>คะแนนมโนมติ</th><th>Mean</th><th>SD</th><th>ผลต่างค่าเฉลี่ย</th><th>t</th><th>p</th></tr>
<tr><td>ก่อนเรียน</td><td>18.76</td><td>6.14</td><td rowspan="2">18.35</td><td rowspan="2">21.68*</td><td rowspan="2">.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">หลังเรียน</td><td rowspan="2">37.11</td><td rowspan="2">6.66</td></tr>
<tr><td rowspan="2">0.91</td><td rowspan="2">3.04*</td><td rowspan="2">.005</td></tr>
<tr><td>คงทน</td><td>36.20</td><td>6.37</td></tr>
</table>

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ค่า $p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์คะแนนมโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนความคงทนของมโนมติ พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 18.76 (SD 6.14) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 37.11 (SD 6.66) เมื่อศึกษาความคงทนของมโนมติหลังจากเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ พบว่านักเรียนมีคะแนนความคงทนของมโนมติเฉลี่ยเป็น 36.20 (SD 6.37) จากการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่านักเรียนมีมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าคะแนนความคงทนของมโนมติเมื่อเรียนผ่านไป 3 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคในลักษณะนี้ สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติใน เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกของนักเรียนได้ แต่ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนมีความคงทนของมโนมติได้เท่าที่ควร

4.1.2 การเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกแบบรายเนื้อหา

เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกทั้งหมด 4 หัวข้อ ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก และปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกซึ่งคะแนนที่ได้ประเมิน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน และหลังเรียน และผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหา เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

เนื้อหา (คะแนน)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			% ก้าวหน้า	<g>	t-test	
	mean	SD	%	mean	SD	%			t	p
1. การเกิดพันธะไอออนิก (18)	4.61	1.88	25.64	10.20	2.50	56.67	31.03	0.42	13.26*	0.00
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (18)	5.89	2.49	32.75	10.69	2.05	59.40	26.65	0.40	13.02*	0.00
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก (15)	4.54	2.07	30.25	9.01	1.94	60.12	29.87	0.43	10.28*	0.00
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบ	3.71	1.40	30.92	7.19	1.51	59.93	29.01	0.42	10.51*	0.00

ตารางที่ 4.2 คะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน และหลังเรียน และผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหา เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก (ต่อ)

เนื้อหา (คะแนน)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			% ก้าวหน้า	<g>	t-test	
	mean	SD	%	mean	SD	%			t	p
ไอออนิก (12)										
รวม	18.76	6.14	29.77	37.11	6.66	58.89	29.12	0.41	21.68*	0.00

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ค่า $p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกพบว่านักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน ในเนื้อหาเรื่องการเกิดพันธะไอออนิกน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่เคยรู้จักลักษณะ และขั้นตอนการเกิดพันธะไอออนิกมาก่อนหรืออาจจะสับสนกับลักษณะการเกิดของพันธะชนิดอื่น และเมื่อพิจารณาจากตารางคะแนนพบว่านักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนสูงในเนื้อหาเรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก เนื่องจากนักเรียนอาจมีความรู้พื้นฐานใน เรื่อง สารและสมบัติของสารในตอนมัธยมศึกษาตอนต้นบ้างแล้ว จึงทำให้นักเรียนมีพื้นฐานความรู้เดิม จึงส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนสูงกว่ามโนมติเนื้อหาอื่น ๆ

หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคพบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยก่อนเรียนในทุก ๆ เนื้อหาโดยเนื้อหาเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกมีร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนสูงสุด (60.12) เนื่องจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคในการเรียนรู้การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกทำให้นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนในหัวข้อนี้สูงสุด ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนต่ำสุด (56.67) คือ เนื้อหาเรื่องการเกิดพันธะไอออนิก แต่หากเมื่อเปรียบเทียบร้อยละความก้าวหน้าระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแล้วพบว่าเนื้อหานี้นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริงมากที่สุดคือ 31.03 เนื่องจากการทำกิจกรรมแบบสืบเสาะโดยใช้โมเดลระดับอนุภาคมาอธิบายลักษณะขั้นตอนการเกิดสารประกอบไอออนิกทำให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจมากขึ้นจึงทำให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนที่สูง เมื่อพิจารณาแยกตามเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกพบว่าทุกเนื้อหานักเรียนมีคะแนนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสูงกว่า

ประมาณ 2 เท่าแต่ทั้งนี้ยังไม่ถือว่าสูงมากนัก เพราะคะแนนส่วนใหญ่ยังต่ำกว่าร้อยละ 60 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติที่ 0.41 ซึ่งถือว่าเป็นความก้าวหน้าระดับปานกลางทุกเนื้อหา

ตารางที่ 4.3 คะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียน และความคงทน และผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน แยกตามเนื้อหา เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

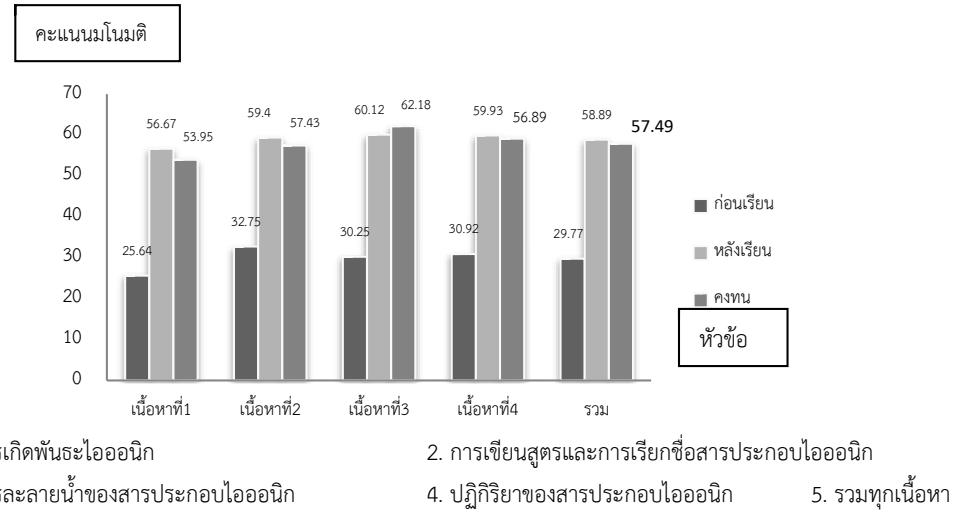
เนื้อหา (คะแนน)	หลังเรียน			หลังเรียน 3 สัปดาห์			% ก้าวหน้า	t-test		ความคงทน
	mean	SD	%	mean	SD	%		t	p	
1. การเกิดพันธะไอออนิก (18)	10.20	2.50	56.67	9.71	2.31	53.95	-2.72	2.87*	0.00	ไม่คงทน
2. การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (18)	10.69	2.05	59.40	10.34	2.11	57.43	-1.97	2.67*	0.01	ไม่คงทน
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก (15)	9.01	1.94	60.12	9.32	1.82	62.18	2.06	2.41*	0.02	คงทน
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก (12)	7.19	1.51	59.93	6.82	1.58	56.89	-3.04	2.12*	0.04	ไม่คงทน
รวม	**37.11**	**6.66**	**58.89**	**36.20**	**6.37**	**57.49**	**-1.40**	**3.03***	**0.01**	**ไม่คงทน**

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ค่า $p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียน และความคงทนของมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนมติเฉลี่ยหลังเรียน 37.11 (SD 6.66) และมีคะแนนมโนมติความคงทนหลังเรียนสามสัปดาห์เฉลี่ย 36.20 (SD 6.37) นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าของคะแนนความคงทนเพิ่มขึ้น 2.06 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือมโนมติ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องนี้คือกิจกรรมการทดลองแบบสืบเสาะ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก และมีการสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำที่สร้างจากเม็ดแม่เหล็กในขั้นสำรวจและค้นหา ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีความคงทนของมโนมติเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกได้ดี สำหรับเนื้อหาที่นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าของคะแนนความคงทนลดลง คือเนื้อหาเรื่องการเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก ซึ่งลดลงเท่ากับ -2.72, -1.97 และ -3.04 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะนักเรียนลืมเนื้อหาหรือสับสนกับมโนมติที่เคยเข้าใจ ทั้งนี้ผู้สอนควรปรับกิจกรรมการสร้างโมเดล

ระดับอนุภาคแสดงการเกิดสารประกอบไออนิก และปฏิกิริยาของสารประกอบไออนิก ในขั้นสำรวจและค้นหา เพื่อให้นักเรียนสามารถจินตนาการ และทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้อย่างแม่นยำขึ้น เช่น การใช้สื่อแอนนิเมชั่น ภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนมติที่เรียนได้ดีขึ้น ตามลำดับ เมื่อพิจารณาร้อยละคะแนนความคงทนรวม พบว่าไม่แตกต่างกันกับคะแนนหลังเรียน แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคในลักษณะนี้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติในเรื่องนี้ของนักเรียนได้แต่ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนมีความคงทนของมโนมติได้ดีเท่าที่ควร

จากคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คะแนนหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนความคงทนของมโนมติ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้โมเดลระดับอนุภาค สามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่มโนมติวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังภาพที่ 4.1 สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นสามารถพัฒนาคะแนนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนให้สูงกว่าก่อนเรียนได้ (พนิดา กันยะกาญจน์, 2556; พัลยมน เย็นสมุทร, 2556) ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ5 ขั้นเป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องมีการสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนนักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และยังเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ และปานกลาง ให้เข้าใจมโนมติได้ดีขึ้น (ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) และช่วยเพิ่มความเข้าใจให้กับนักเรียนมากขึ้น เนื่องจากได้เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยใช้คำถามกระตุ้น ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลอง สังเกต บันทึกผล เพื่อศึกษาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร อธิบายผลที่เกิดขึ้นจริง จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ แล้วสามารถสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเอง (กัญชพร เครือคำ และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2556)



ภาพที่ 4.1 ร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนของมโนมติ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

4.2 มโนมติถูกต้องสมบูรณ์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วนมโนมติผิดไม่มีความเข้าใจมโนมติ และกลุ่มไม่มีคำตอบ

จากการจำแนกข้อสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ออกเป็นเนื้อหาย่อย ได้แก่ การเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและการ เรียกชื่อสารประกอบไอออนิก การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก และปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และประเมินโดยใช้เกณฑ์ที่ตั้งไว้

เกณฑ์คะแนนการทำข้อสอบแต่ละข้อโดยตัวเลือกจะมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน และเหตุผลจะมีคะแนนเต็ม 2 คะแนนซึ่งวิเคราะห์จากประเด็นพิจารณาการให้เหตุผลหรืออธิบายในข้อนั้น ๆ และจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้ กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติผิด (MU) กลุ่มไม่มีความเข้าใจมโนมติ (NU) และกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR) ซึ่งมีร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติระดับต่าง ๆ

เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมติ					
	SU	PU	PMU	MU	NU	NR
ก่อนเรียน	**0.00**	**0.18**	**36.26**	**63.00**	**0.00**	**0.54**
1. การเกิดพันธะไอออนิก	0.00	0.00	35.25	64.10	0.00	0.64
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	0.00	0.00	37.17	62.82	0.00	0.00
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	0.00	0.76	40.00	57.69	0.00	1.53

ตารางที่ 4.4 ร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติระดับต่าง ๆ (ต่อ)

เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมติ					
	SU	PU	PMU	MU	NU	NR
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	0.00	0.00	31.73	68.26	0.00	0.00
หลังเรียน	**2.01**	**14.28**	**71.61**	**12.08**	**0.00**	**0.00**
1. การเกิดพันธะไอออนิก	5.12	12.82	62.82	19.23	0.00	0.00
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	1.92	16.02	74.35	7.69	0.00	0.00
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	0.00	13.84	71.53	14.61	0.00	0.00
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	0.00	14.42	80.76	4.80	0.00	0.00
ความคงทน	**2.01**	**15.38**	**67.39**	**15.02**	**0.00**	**0.00**
1. การเกิดพันธะไอออนิก	3.85	12.82	60.90	22.44	0.00	0.00
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	1.92	14.10	73.72	10.26	0.00	0.00
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	1.54	19.23	64.62	14.62	0.00	0.00
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	0.00	16.35	71.15	12.50	0.00	0.00

จากข้อมูลในตารางร้อยละความเข้าใจมโนมติของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติระดับต่าง ๆ ช่วงก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนในตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิด (MU) ซึ่งมีร้อยละความเข้าใจที่ 63.00 และมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) มีร้อยละความเข้าใจที่ 36.26 และภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค พบว่า นักเรียนสามารถเขียนคำตอบในส่วนของเหตุผลได้ทุกคน และมีนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมโนมติผิด (MU) ลดลงจาก 63.00 เป็น 12.08 และความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วนมี (PMU) คะแนนร้อยละที่เพิ่มสูงมากขึ้นจาก 36.26 เป็น 71.61 ซึ่งอาจเป็นผลมากจากกลุ่มนักเรียนที่เข้าใจมโนมติผิดเปลี่ยนมาเป็นนักเรียนในกลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน และนอกจากนี้ยังมีร้อยละของนักเรียนที่เข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) เกิดขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็นร้อยละ 2.01 นั่นหมายความว่า การจัดการเรียนรู้นี้สามารถลดความเข้าใจมโนมติผิดของนักเรียนลงได้ และทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ย้ายมาอยู่ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกบางส่วน และผิดบางส่วนนั่นเอง และสามารถไปอยู่ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ได้ และเมื่อพิจารณาความคงทนในการเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) เช่นเดียวกับมโนมติหลังเรียน และไม่พบกลุ่มนักเรียนที่ไม่เขียนคำตอบ

เมื่อจัดกลุ่มพิจารณาการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้าใจ 3 กลุ่มคือ กลุ่มไม่มีคำตอบรวมกับกลุ่มเข้าใจมโนมติผิด (NR+MU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่รวมกับกลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU+PU) ซึ่งผลก่อนเรียนและหลังเรียนแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ร้อยละของคะแนนกลุ่มมโนมติต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงก่อนเรียน และหลังเรียน

เนื้อหา	**ก่อนเรียน (%)**			**หลังเรียน (%)**			**การเปลี่ยนแปลง (%)**		
	SU+PU	PUM	MU+NR	SU+PU	PUM	MU+NR	SU+PU	PUM	MU+NR
1. การเกิดพันธะไอออนิก	0.00	35.25	64.74	17.94	62.82	19.23	+17.94	+27.57	-45.51
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	0.00	37.17	62.82	17.94	74.35	7.69	+17.94	+37.18	-55.13
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	0.76	40.00	59.22	13.84	71.53	14.61	+13.08	+31.53	-44.61
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	0.00	31.73	68.26	14.42	80.76	4.80	+14.42	+49.03	-63.46
รวม	0.18	36.26	63.54	16.29	71.61	12.08	+16.11	+35.35	-51.46

*เครื่องหมาย + และ – แสดงถึง การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง ตามลำดับ

พิจารณาจากข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีร้อยละคะแนนรวมสูงสุด 63.54 อยู่ในมโนมติความเข้าใจไม่มีคำตอบรวมกับกลุ่มเข้าใจมโนมติผิด (NR+MU) และหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีร้อยละคะแนนรวมสูงสุด 71.61 อยู่ในกลุ่มมโนมติความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ซึ่งเมื่อพิจารณาร้อยละการเปลี่ยนแปลงจะพบว่ากลุ่มมโนมติความเข้าใจไม่มีคำตอบรวมกับกลุ่มเข้าใจมโนมติผิด (NR+MU) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (-51.46) ซึ่งนักเรียนที่เคยอยู่ในกลุ่มนี้ ได้มีการพัฒนามโนมติไปในทางที่ดีขึ้นและอยู่ในกลุ่มมโนมติความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ซึ่งมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 35.35 หรืออาจไปอยู่ในกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่รวมกับกลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ (SU+PU) ซึ่งมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 16.11 และเมื่อพิจารณาร้อยละคะแนนมโนมติหลังเรียนกับร้อยละมโนมติหลังเรียนเมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ (ความคงทน) พบว่าทั้งร้อยละคะแนนมโนมติหลังเรียนและร้อยละคะแนนมโนมติเมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์ นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติในกลุ่มความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ซึ่งมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลง 4.22 ดังตารางที่ 4.6

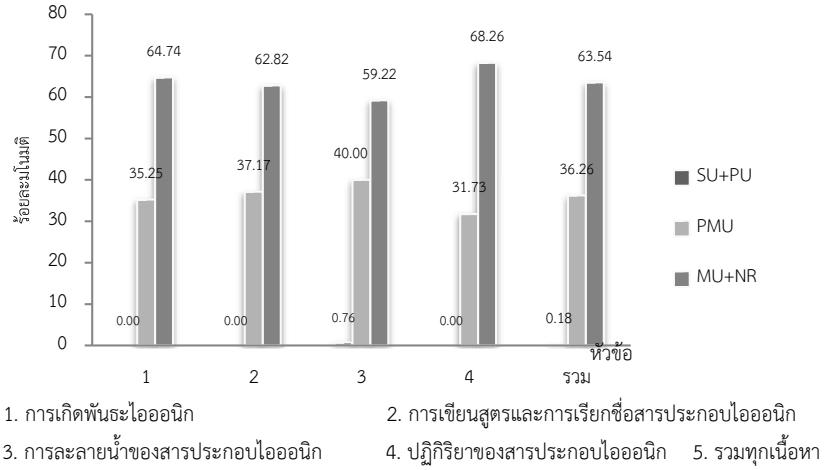
ตารางที่ 4.6 ร้อยละของคะแนนกลุ่มมโนมติต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงหลังเรียนและความคงทน

เนื้อหา	หลังเรียน (%)			ความคงทน			การเปลี่ยนแปลง (%)		
	SU+PU	PMU	MU+NR	SU+PU	PMU	MU+NR	SU+PU	PMU	MU+NR
1. การเกิดพันธะไอออนิก	17.94	62.82	19.23	16.67	60.90	22.44	-1.27	-1.92	+3.21
2. การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	17.94	74.35	7.69	16.02	73.72	10.26	-1.92	-0.63	+2.57
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	13.84	71.53	14.61	20.77	64.62	14.62	+6.93	-6.91	+0.01
4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	14.42	80.76	4.80	16.35	75.00	8.65	+1.93	-9.61	+7.70
รวม	16.29	71.61	12.08	17.39	68.13	14.47	+1.10	-4.22	+2.94

*เครื่องหมาย + และ – แสดงถึง การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงตามลำดับ

4.2.1 ร้อยละมโนมติระดับต่าง ๆ ก่อนเรียน

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติต่าง ๆ ก่อนเรียนพบว่า ทุกหัวข้อมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) สูงกว่าร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ประมาณ 2 เท่าส่วนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่มีค่าน้อยมาก ไม่ถึงร้อยละ 1.00 และมีค่าสูงสุด 0.76 คือ มโนมติ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจมโนมติผิดเกี่ยวกับพันธะไออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าเป็นเรื่องใหม่ นักเรียนยังมองภาพหรือจินตนาการไม่ออกถึงลักษณะ และสมบัติของพันธะไออนิก ส่วนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วนสูงสุด 40.00 คือ มโนมติ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ สูงสุด 68.26 คือ มโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก แสดงดังภาพที่ 4.2



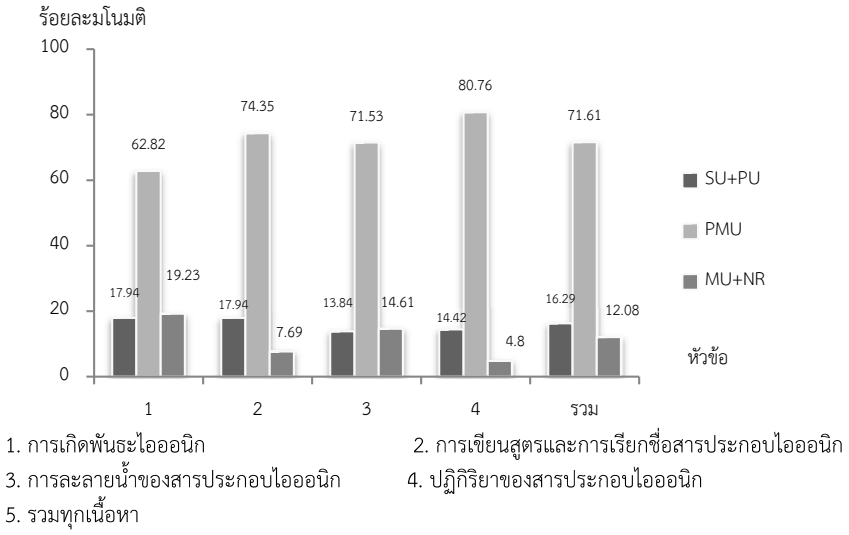
1. การเกิดพันธะไอออนิก 2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก
3. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก 4. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก 5. รวมทุกเนื้อหา

ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ของเนื้อหาทุกหัวข้อ ก่อนเรียน

4.2.2 ร้อยละมโนมติระดับต่าง ๆ หลังเรียน

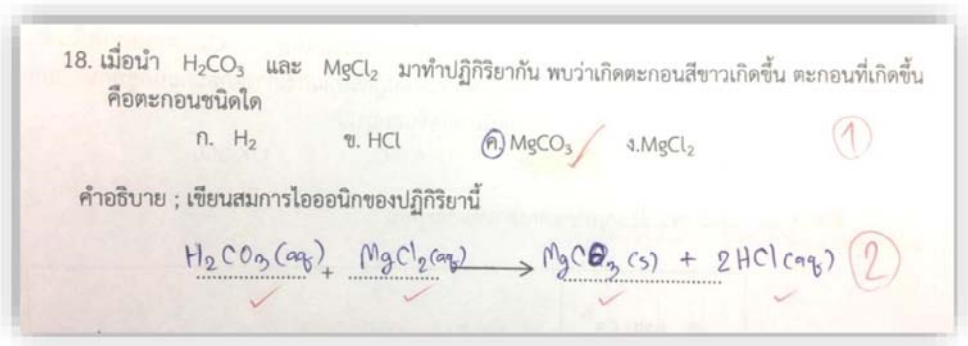
จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติต่าง ๆ หลังเรียนพบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมติต่าง ๆ เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น โดยหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) ลดลงทุกหัวข้อ และมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) กับกลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เพิ่มขึ้นทุกหัวข้อ และไม่พบนักเรียนที่ไม่เขียนคำตอบ

เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) สูงสุด 17.94 คือ มโนมติ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก และมโนมติเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) สูงสุด 80.76 คือ มโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (SU+PU) สูงสุด 19.23 คือ มโนมติ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ของทุกหัวข้อ หลังเรียน

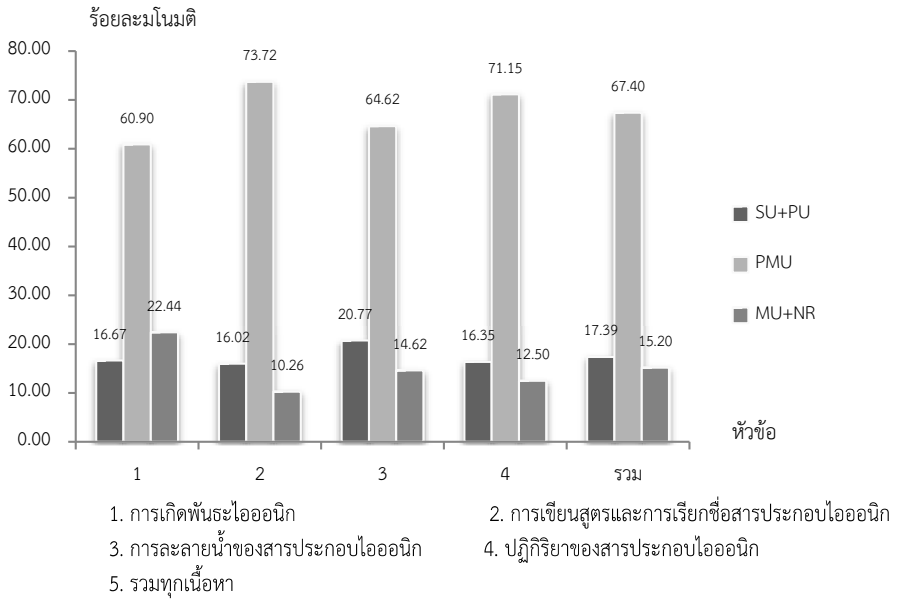
ซึ่งจากภาพจะเห็นว่าหลังเรียนนักเรียนมีมโนมติอยู่ในกลุ่มมโนมติความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ในทุก ๆ หัวข้อโดยเฉพาะหัวข้อ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด สาเหตุมาจากก่อนเรียนนักเรียนมีร้อยละคะแนนในหัวข้อนี้ได้ค่อนข้างน้อย แต่เมื่อได้ทำกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้โมเดลระดับอนุภาค พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาการเขียนสมการของปฏิกิริยาไอออนิกได้ดีขึ้น รู้สถานะของสาร และรู้ว่าสารใดเกิดปฏิกิริยากันและตกตะกอน จากก่อนเรียนที่นักเรียนส่วนใหญ่ที่เขียนไม่ค่อยได้และไม่ถูกต้อง ถูกพัฒนาให้ดีขึ้น ดังแสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การทำแบบทดสอบมโนมติหลังเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

4.2.3 ร้อยละมโนมติระดับต่าง ๆ หลังเรียน 3 สัปดาห์

จากการวิเคราะห์ร้อยละมโนมติกลุ่มต่าง ๆ หลังเรียนเมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมติต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงจากหลังเรียนมากนัก โดยเมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์มีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยทุกหัวข้อ และมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) กับกลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ลดลงเกือบทุกหัวข้อ และไม่พบนักเรียนที่ไม่เขียนคำตอบโดยร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) สูงสุด 20.77 คือมโนมติเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) สูงสุด 73.72 คือมโนมติ เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) สูงสุด 22.44 คือ มโนมติ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ดังภาพที่ 4.5

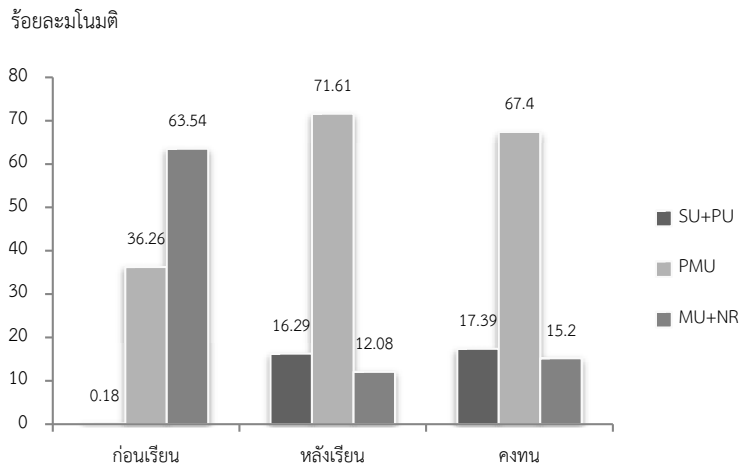


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ของทุกหัวข้อ หลังเรียนผ่านไป 3 สัปดาห์

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนมติก่อนเรียน และหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค สามารถจำแนกเป็นมโนมติกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) กลุ่มเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ซึ่งพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนมติ สังเกตได้

จากนักเรียนมีร้อยละมโนมติที่ผิดลดลง และกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วนเพิ่มขึ้น แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคสามารถช่วยลดมโนมติที่ผิดได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Supasorn and Promarak (2015) และ Supasorn (2015) ที่รายงานว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาและไฟฟ้าเคมีได้เป็นอย่างดี

เมื่อพิจารณาร้อยละมโนมติเฉลี่ยแล้วพบว่า นักเรียนมีมโนมติหลังเรียนถูกต้องเพิ่มมากขึ้นเป็น 16.29 จากมโนมติถูกต้องก่อนเรียน 0.18 และมีความคงทนของมโนมติถูกต้องเฉลี่ยเป็น 17.39 ดังภาพที่ 4.6 ซึ่งจากการพิจารณาแบบทดสอบของนักเรียนพบว่าส่วนใหญ่นักเรียนจะทำคะแนนได้ดีในส่วนที่เป็นตัวเลือกมากกว่าส่วนที่เป็นการให้เหตุผลทำให้กลุ่มถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) มีร้อยละที่มากขึ้น และมากกว่ากลุ่มมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจ และท้าทายความสามารถของนักเรียนในทุกขั้นตอนของกิจกรรม สามารถเพิ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ (Supasorn, 2015; Green et al., 2004) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการ วางแผน และออกแบบวิธีการในการแสวงหาความรู้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง จากขั้นสร้างความสนใจที่มีการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็นโดยการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด ในการกำหนดประเด็นปัญหาที่จะเชื่อมโยงไปสู่ขั้นสำรวจและค้นหา ซึ่งนักเรียนจะได้ช่วยกันระดมสมองในการวางแผนทำกิจกรรม และรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) โดยที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกคอยแนะนำนักเรียนตลอดกิจกรรมการเรียนรู้ (Deters, 2005)

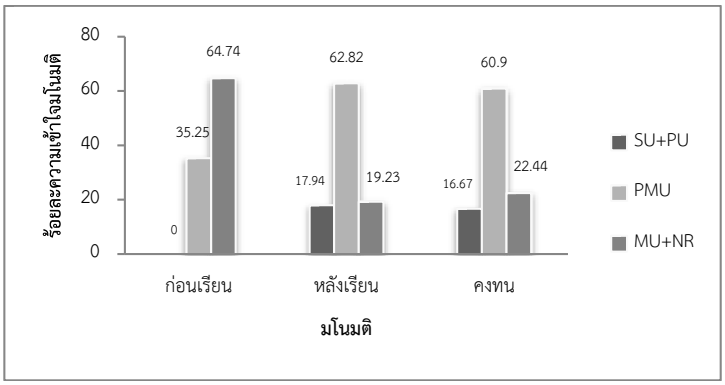


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงร้อยละของมโนมติระดับต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน

4.3 การวิเคราะห์กลุ่มความเข้าใจมโนมติต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน ความคงทน จำแนกตามเนื้อหา

4.3.1 มโนมติ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

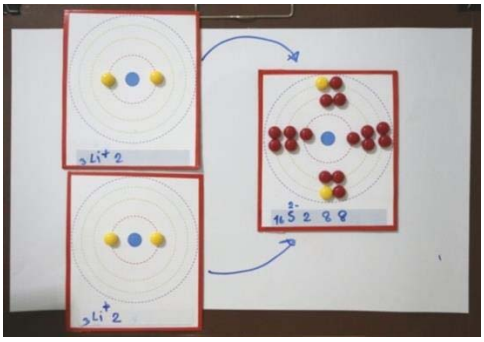
เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติ ก่อนเรียน หลังเรียน ความคงทน พบว่า คะแนนร้อยละก่อนเรียนนักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 64.74 รองลงมาคือ กลุ่มถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 35.25 และไม่มีนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก พบว่า ร้อยละความเข้าใจมโนมติหลังเรียน นักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 68.82 รองลงมา คือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 19.23 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือ 17.94 และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ ทดสอบความคงทนมโนมติของนักเรียนอีกครั้งพบว่า นักเรียนส่วนมากมีร้อยละความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 60.90 รองลงมา คือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 22.44 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือ ร้อยละ 16.67 ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

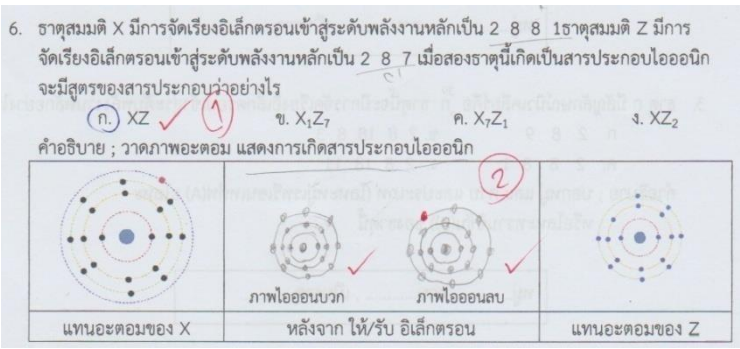
ซึ่งจากภาพ 4.7 จะพบว่าหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) มีร้อยละเพิ่มขึ้น ซึ่งจากก่อนเรียนไม่มีนักเรียนในกลุ่มนี้เลย และยังพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของร้อยละมโนมติในกลุ่มถูกต้องบางส่วน

และผิดบางส่วน (PMU) คิดเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลง 27.57 ส่วนกลุ่มมโนมติที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือมโนมติในกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) ซึ่งคิดเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลง 45.51 ซึ่งนั้นหมายความว่ามีการย้ายกลุ่มจากกลุ่มนักเรียนที่ไม่มีความเข้าในมโนมติมาอยู่ในกลุ่มถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน แสดงว่ากิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาคเรื่องการเกิดพันธะไอออนิก (ภาพที่ 4.8) สามารถพัฒนามโนมติของนักเรียนให้ดีขึ้นได้



ภาพที่ 4.8 กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาคเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

โดยในกิจกรรมที่มีชื่อว่า “ผู้รับสุขใจ ผู้ให้ได้บุญ” (ซึ่งตั้งชื่อตามพฤติกรรมการให้ และรับอิเล็กตรอน) โดยมีการสร้างโมเดลแสดงการเปลี่ยนแปลงการให้และรับอิเล็กตรอน ระหว่างอะตอมของธาตุโลหะ และธาตุอโลหะ เพื่อให้มีเวเลนต์อิเล็กตรอนครบแปดตามกฎออกเตป เกิดเป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออบวกและลบทำให้เกิดพันธะไออนิก โดยนักเรียนได้ลงมือทำการทดลองด้วยตนเอง และมีการอภิปรายกันเองในกลุ่ม ทำให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ปรับเปลี่ยนจากความไม่เข้าใจให้กลายเป็นความเข้าใจที่ดีขึ้น โดยมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำปรึกษาระหว่างการทำกิจกรรม

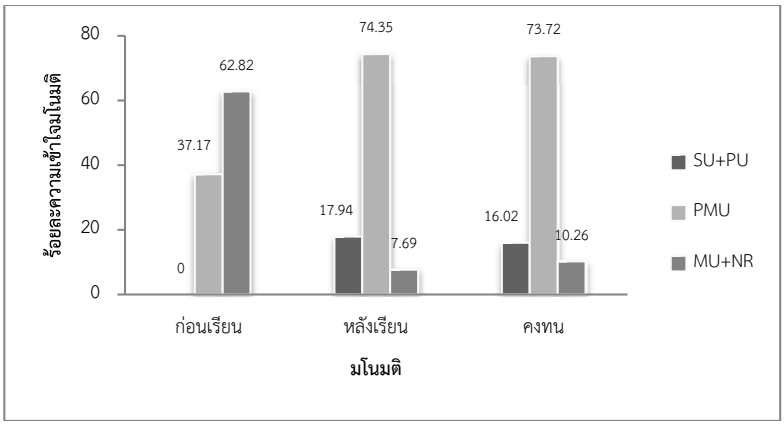


ภาพที่ 4.9 การสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

เมื่อพิจารณาตัวอย่างการทำแบบทดสอบมโนมติหลังเรียน (ดังภาพที่ 4.9) ของนักเรียน จะเห็นว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่าธาตุ X กลายเป็นไอออนบวก ส่วนธาตุ Z กลายเป็นไอออนลบ ขนาดไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมกลาง และขนาดไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมกลาง และจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่าอะตอมกลางอยู่ 1 ตัว ตามเกณฑ์รูบริคการให้คะแนน ทำให้นักเรียนในกลุ่มที่เข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบลดลง และสามารถพัฒนามโนมติความเข้าใจของตนเองเป็นอยู่ในระดับกลุ่มมโนมติที่สูงกว่าได้

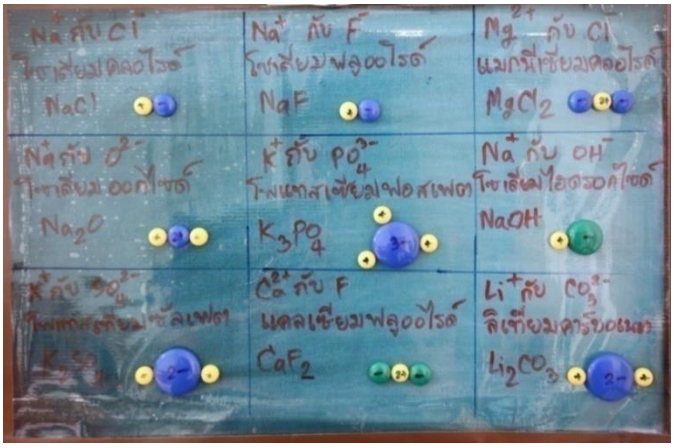
4.3.2 มโนมติ เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนเรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกพบว่า คะแนนร้อยละก่อนเรียนนักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 62.82 รองลงมาคือ กลุ่มถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วนมากคือ ร้อยละ 37.17 และไม่มีนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกพบว่า ร้อยละความเข้าใจมโนมติหลังเรียน นักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 74.35 รองลงมาคือกลุ่มมโนมติถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือ ร้อยละ 17.94 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ 7.69 และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ ทดสอบความคงทนมโนมติของนักเรียนอีกครั้งพบว่า นักเรียนส่วนมากมีร้อยละความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 73.72 รองลงมาคือกลุ่มมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือ ร้อยละ 16.02 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ 10.26 ดังแสดงในภาพที่ 4.10



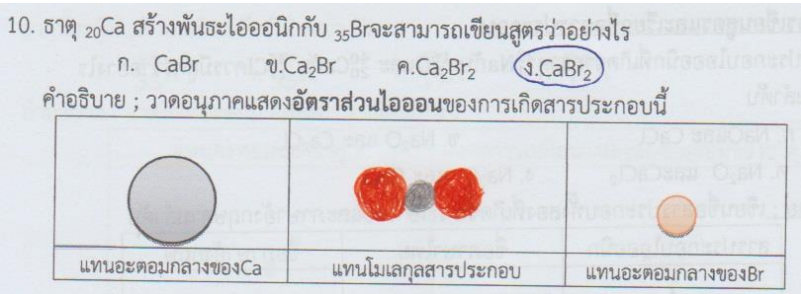
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

จากภาพแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจะพบว่ากลุ่มมโนมติมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหลังเรียนมีการเพิ่มขึ้นของร้อยละในกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ส่วนกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) ซึ่งคิดเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลงคือ 55.13 ซึ่งเป็นเพราะผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5 ขั้น ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (ดังภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.11 กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ฝึกการเขียนสูตร และฝึกการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิก อีกทั้งยังได้เรียนรู้อนุภาคของสารเมื่อเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกว่ามีรูปแบบอย่างไร ไอออนใดใหญ่ ไอออนใดเล็ก โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคที่ทำขึ้นจากเม็ดแม่เหล็กหลากสีเพิ่มความจดจำและสนุกสนานน่าสนใจสำหรับนักเรียน

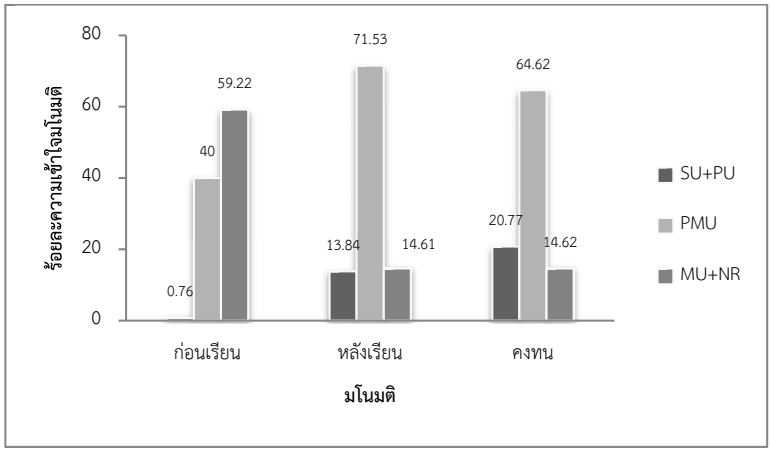


ภาพ 4.12 การทำแบบทดสอบวัดมโนมติของนักเรียน เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

เมื่อพิจารณาจากการทำแบบทดสอบมโนมติหลังเรียน (ดังภาพที่ 4.12) จะเห็นว่านักเรียนสามารถขนาดวาดไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมกลางได้ วาดขนาดไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมกลางถูกต้อง และจัดเรียงตัวของไอออนลบต้องล้อมรอบไอออนบวก (หรือไอออนชนิดเดียวกันห้ามอยู่ชิดกัน) ตามเกณฑ์รูบริคการให้คะแนน ทำให้นักเรียนในกลุ่มที่เข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบสามารถพัฒนามโนมติความเข้าใจของตนเองเป็นอยู่ในระดับที่สูงกว่าได้

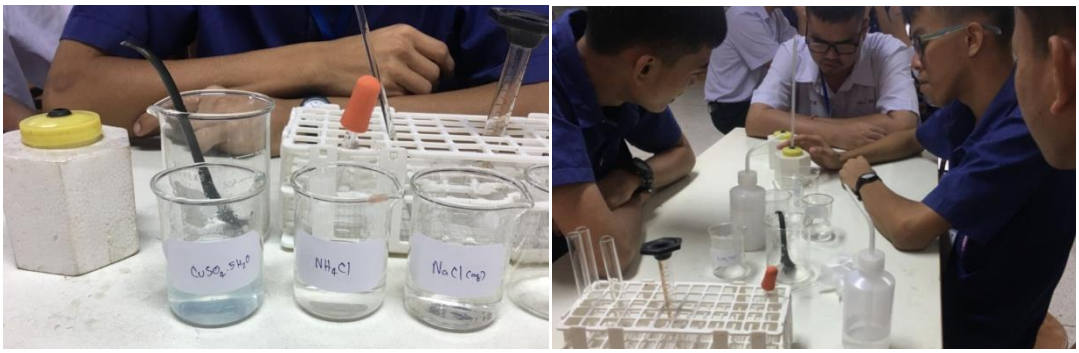
4.3.3 มโนมติ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก พบว่า คะแนนร้อยละก่อนเรียนนักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 59.22 รองลงมาคือกลุ่มถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วนมากคือ ร้อยละ 40.00 และมีนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือ 0.76 เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกพบว่าร้อยละความเข้าใจมโนมติหลังเรียน นักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 71.53 รองลงมาคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 14.61 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือ ร้อยละ 13.84 และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ ทดสอบความคงทนมโนมติของนักเรียนอีกครั้งพบว่า นักเรียนส่วนมากมีร้อยละความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 64.62 รองลงมาคือกลุ่มมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือ ร้อยละ 20.77 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ 14.62 ดังแสดงในภาพที่ 4.13

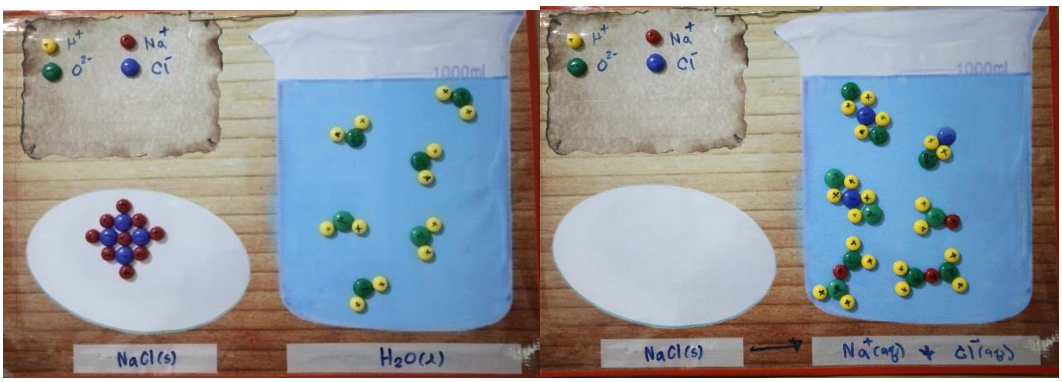


ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

จากภาพแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกจะพบว่ากลุ่มมโนมติมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหลังเรียนมีการเพิ่มขึ้นของร้อยละในกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ส่วนกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) ซึ่งลดลง และคิดเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลงคือ 44.61 ซึ่งเป็นเพราะผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคเรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก (ดังภาพที่ 4.14)

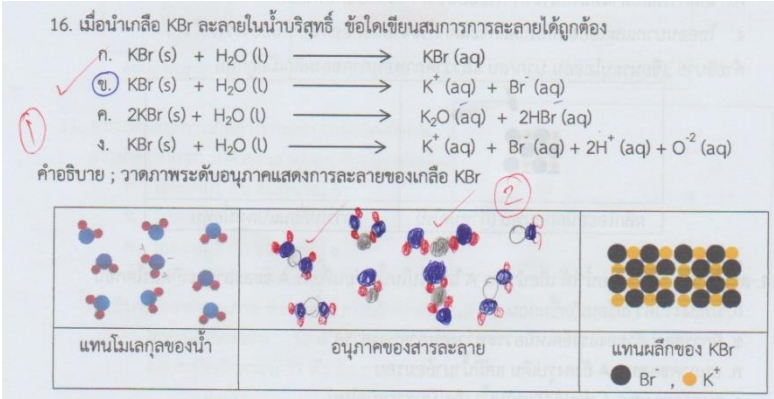


ภาพที่ 4.14 กิจกรรมการทดลองเรื่องสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายของสารต่าง ๆ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ฝึกการเขียนสมการการละลาย และสร้างโมเดลการละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคที่ทำขึ้นจากเม็ดแม่เหล็กหลากสี เพิ่มความจดจำ และสนุกสนานน่าสนใจให้กับนักเรียน



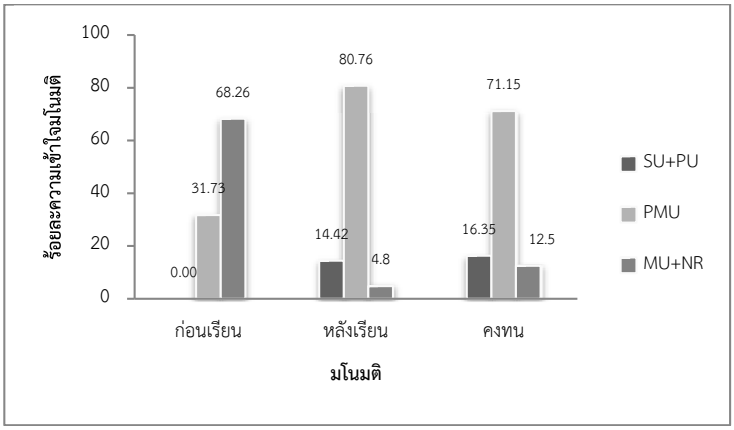
ภาพที่ 4.16 การสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

เมื่อพิจารณาจากการทำแบบทดสอบมโนมติหลังเรียน (ดังภาพที่ 4.16) จะเห็นว่านักเรียนสามารถวาดโครงร่างผลึกของเกลือกระจายออกจากกัน โครงร่างผลึกของเกลือกระจายออกจากกันแบบเป็นอนุภาคเดี่ยว ๆ แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบไอออนบวกและไอออนลบ อะตอม O ของน้ำหันหาไอออนบวกและอะตอม H ของน้ำหันหาไอออนลบตามเกณฑ์รูบริคการให้คะแนน ทำให้นักเรียนในกลุ่มที่เข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบสามารถพัฒนามโนมติความเข้าใจของตนเองเป็นอยู่ในระดับมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ส่วนกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) เดิมก่อนเรียนก็สามารถพัฒนามาอยู่ในกลุ่มถูกต้องสม บูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ได้แต่อาจมีร้อย และการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อเทียบกลับกลุ่มอื่น

4.3.4 มโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

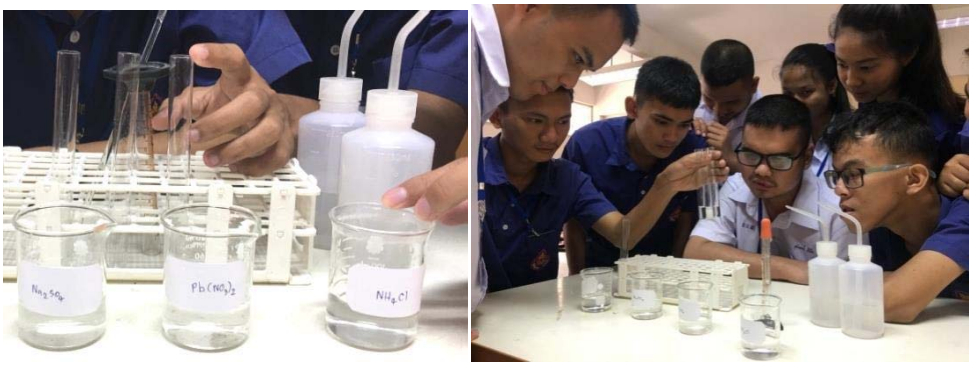
เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก พบว่า คะแนนร้อยละก่อนเรียนนักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 68.26 รองลงมาคือกลุ่มถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วนมากคือ ร้อยละ 31.73 และไม่มีนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกพบว่า ร้อยละความเข้าใจมโนมติหลังเรียน นักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 80.76 รองลงมาคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) คือร้อยละ 14.42 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ ร้อยละ 4.8 และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ ทดสอบความคงทนมโนมติของนักเรียนอีกครั้งพบว่า นักเรียนส่วนมากมีร้อยละความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) คือ ร้อยละ 71.15 รองลงมาคือกลุ่มมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วน

ใหญ่ (SU+PU) คือ ร้อยละ 16.36 และกลุ่มมโนมติที่น้อยที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) คือ 12.5 ดังแสดงในภาพที่ 4.17



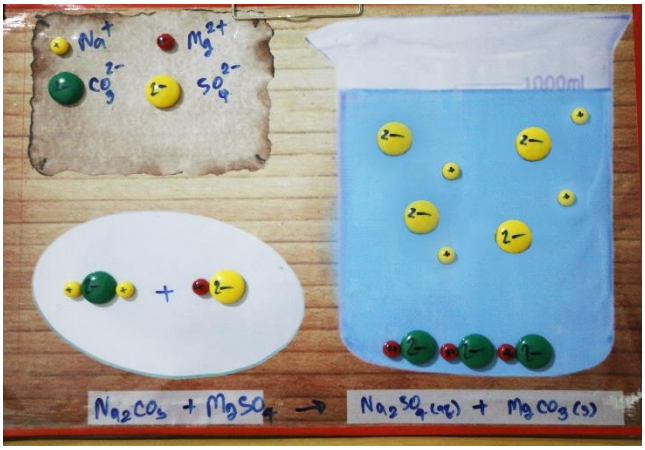
ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

จากภาพแสดงมโนมติกลุ่มต่าง ๆ ก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก จะพบว่ากลุ่มมโนมติมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหลังเรียนมีการเพิ่มขึ้นของร้อยละในกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ส่วนกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) ซึ่งลดลง และคิดเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลงคือ 63.46 ซึ่งเป็นเพราะผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก (ดังภาพที่ 4.18)



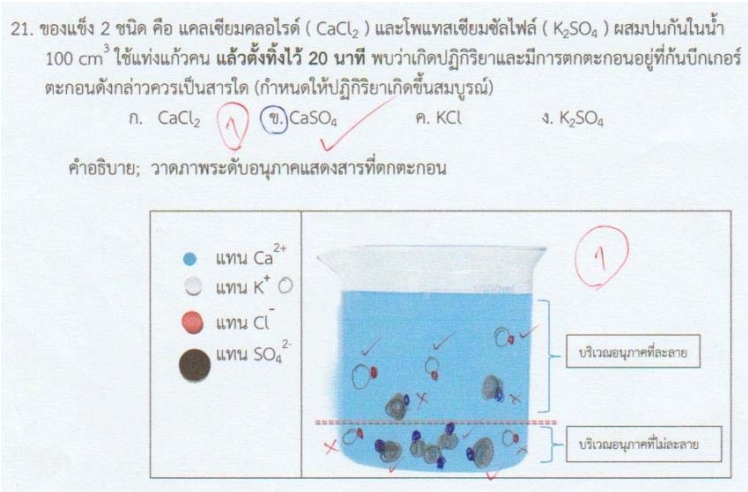
ภาพที่ 4.18 กิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

โดยในกิจกรรมการทดลองการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก Na_2SO_4 กับ Na_2CO_3 $Pb(NO_3)_2$ และ NH_4Cl แล้วสังเกตปฏิกิริยาและอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการที่สารประกอบไอออนิกทำปฏิกิรยากัน และเมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว นักเรียนได้ทำกิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกต่าง ๆ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 กิจกรรมการสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ฝึกการเขียนสมการการไอออนิก และสร้างโมเดลการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคที่ทำขึ้นจากเม็ดแม่เหล็กหลากสี เพิ่มความจดจำและสนุกสนานน่าสนใจให้กับนักเรียน



ภาพที่ 4.20 การสร้างโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

เมื่อพิจารณาจากการทำแบบทดสอบมโนมติหลังเรียนของตัวอย่างนักเรียนคนนี้ (ดังภาพที่ 4.20) จะเห็นว่านักเรียนสามารถวาดอนุภาคของสารที่ไม่ละลาย และวาดอนุภาคของสารที่ละลายได้ถูกต้อง แต่อนุภาคที่ไม่ละลายยังลอยอยู่ด้านบนของปีกเกอร์อยู่ซึ่งไม่สอดคล้องกับความหมายของโจทย์ข้อนี้ จึงทำให้ข้อสอบนี้ของนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ตั้งไว้แต่ทั้งนี้ก็ทำให้นักเรียนในกลุ่มที่เข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) สามารถพัฒนามโนมติความเข้าใจของตนเองเป็นอยู่ในระดับมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) ได้ ส่วนกลุ่มมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) เดิมก่อนเรียน ก็สามารถพัฒนามาอยู่ในกลุ่มถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) ได้เช่นกัน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิกด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคครั้งนี้ สามารถสรุปผล และมีข้อเสนอแนะจากการวิจัย ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้สรุปได้เป็น 2 ประเด็นคือ คะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ และมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) มโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU)

5.1.1 คะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

5.1.1.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคมีคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบทั้งชั้นเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็น 18.76 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 37.11 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้าเป็น 18.35 เมื่อศึกษาความคงทนของความเข้าใจมโนมติ เมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ พบว่านักเรียนมีคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยเท่ากับ 36.20 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน คะแนนหลังเรียน และคะแนนความคงทนของความเข้าใจมโนมติ ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันพบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าคะแนนความคงทนของมโนมติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

5.1.1.2 นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบรายเนื้อหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกรายเนื้อหา โดยเนื้อหาเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก มีร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนสูงสุด คือ 60.12 และมีร้อยละความก้าวหน้าเป็น 29.87 ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีร้อยละของคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียนต่ำสุดคือเนื้อหา เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก 56.67 แต่มีร้อยละความก้าวหน้าสูงสุดคือ 31.01 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังเรียน และความคงทนของมโนมติในทุกเนื้อหา พบว่ามีคะแนนไม่แตกต่างกัน และ

มีความคงทนเพียงแค่เนื้อหาเดียวคือการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคในลักษณะนี้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติในเรื่องนี้ของนักเรียนได้ แต่ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนมีความคงทนของมโนมติได้เท่าที่ควร

5.1.2 มโนมติถูกต้องสมบูรณ์ ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วนมโนมติผิด ไม่มีความเข้าใจมโนมติ และกลุ่มไม่มีคำตอบ

5.1.2.1 ร้อยละกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) ก่อนเรียน พบว่านักเรียนมีร้อยละของกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) สูงสุดคือร้อยละ 0.76 เป็นมโนมติ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ร้อยละมโนมติกลุ่มถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) สูงสุด คือร้อยละ 40.00 เป็นมโนมติ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก และร้อยละของกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) สูงสุด คือร้อยละ 68.26 เป็นมโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

5.1.2.2 ร้อยละกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) หลังเรียน พบว่านักเรียนมีร้อยละของกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) สูงสุด คือร้อยละ 17.94 เป็นมโนมติ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก และมโนมติ เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ร้อยละมโนมติกลุ่มถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) สูงสุด คือร้อยละ 80.76 เป็นมโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และร้อยละของกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) สูงสุด คือร้อยละ 19.23 เป็นมโนมติ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

5.1.2.3 ร้อยละกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) กลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) และกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) หลังเรียน 3 สัปดาห์พบว่านักเรียนมีร้อยละของกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์รวมกับกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) สูงสุด คือร้อยละ 20.77 เป็นมโนมติ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ร้อยละมโนมติกลุ่มถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน (PMU) สูงสุด คือร้อยละ 75.00 เป็นมโนมติ เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และร้อยละของกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดรวมกับกลุ่มไม่มีคำตอบ (NR+MU) สูงสุด คือร้อยละ 22.44 เป็นมโนมติ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

กล่าวโดยสรุป การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นโดยใช้โมเดลระดับอนุภาค สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี ให้สูงขึ้น ช่วยเพิ่มมโนมติถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และเพิ่มมโนมติความเข้าใจถูกต้องบางส่วน และผิดบางส่วน และลดมโนมติผิดลงได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้โมเดลระดับอนุภาคเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รู้จักการค้นคว้าหาความรู้ ฝึกคิด และแก้ปัญหาด้วยตนเองปฏิบัติและมีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่ม จากการลงมือปฏิบัติการทดลอง วางแผนการทดลอง อธิบาย และลงข้อสรุปจนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง อีกทั้งการใช้โมเดลระดับอนุภาค เป็นการศึกษาที่เป็นรูปธรรม ในขั้นสำรวจ และค้นหา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกหรือความต้องการที่จะสืบค้นหรือเสาะแสวงหาความรู้ ทำให้กิจกรรมมีความหมายต่อผู้เรียน และมีความท้าทายเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบ และยังเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดจะยิ่งทำให้ผู้เรียนต้องการที่จะเสาะแสวงหาความรู้หรือคำตอบมากยิ่งขึ้น จนได้ข้อสรุปทำให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้มากขึ้น และสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองช่วยให้นักเรียนเรียนรู้มโนมตินั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อความจดจำและช่วยให้เข้าใจมโนมติที่เรียนได้ยาวนานมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นใช้โมเดลระดับอนุภาค

5.2.1.1 ควรเสริมกิจกรรมที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เช่น การดูคลิปแอนนิเมชั่น ภาพเคลื่อนไหว การสร้างแบบจำลองที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนได้มีความเข้าใจเนื้อหาในระดับโมเลกุลมากขึ้น

5.2.1.2 ครูผู้สอนควรสำรวจมโนมติเดิมของนักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อที่จะได้หากิจกรรมที่เหมาะสม และปรับแก้มโนมติของนักเรียนให้ถูกต้อง และจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจมโนมติเชิงวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

5.2.1.3 ผู้วิจัยควรให้ความสำคัญกับผลของปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนมติอื่น ๆ เช่น ปัจจัยด้านภาษา ความเชื่อในแรงจูงใจ และบริบททางสังคม และจัดการเรียนรู้โดยอาศัยผลการศึกษาของปัจจัยเหล่านี้

5.2.1.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาคเป็นกระบวนการสอนที่ต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมากครูผู้สอนควรมีการยืดหยุ่นในการ

จัดกิจกรรมการเรียนในแต่ละขั้นให้มีความเหมาะสมเนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถ และการรับรู้แตกต่างกัน

5.2.1.5 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แบบทดสอบหลังเรียนแล้วใช้วัดความคงทนทางการเรียนควรเป็นข้อสอบชุดใหม่ที่มีความตรงเชิงเนื้อหาวิชา และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเช่นเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อป้องกันการจดจำข้อสอบของนักเรียน

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ควรมีการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงบริบทของนักเรียน เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถตีความข้อมูลที่ได้ ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

5.2.2.2 ครูผู้สอนควรออกข้อสอบที่เป็นปรนัยผสมผสานกับแบบอัตนัย ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น และจำนวนข้อสอบไม่มากเกินไป เพื่อที่จะได้ทราบมโนมติของนักเรียน และสามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนอย่างแท้จริง

5.2.2.3 ควรมีการเก็บข้อมูลในหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบสัมภาษณ์ อนุทินสะท้อนความคิด เพื่อตรวจสอบมโนมติของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในทุกเนื้อหาย่อยได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

5.2.2.4 ควรทำการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค ร่วมกับกลุ่มประชากรอื่น เพื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

5.2.2.5 ควรนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น โดยใช้โมเดลระดับอนุภาคไปใช้ในการปรับแก้มโนมติ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนในวิชาเคมี เนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ แจ้งหมื่นไวย. **การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2534.

กัญชพร เครือคำ และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. “ผลการจัดการเรียนรู้แบบ POED ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักเรียนในการทำนาย สังเกต อธิบาย อภิปราย เรื่อง สมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน **การประชุมระดับชาติ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 7.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

กาญจนา ตังคประดิษฐ์. **การสอนให้เกิดแนวคิด เรื่อง พันธะเคมีตามแนวคอนสตรักติวิซึมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

จำลอง ศรีมงคุณ. **การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนที่ใช้สิ่งช่วยจัดมโนมติล่วงหน้าหน่วยการเรียนรู้พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2533.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. “แนวคิดทางเลือกในวิชาเคมี”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 19(2): 10-25, 2551.

ชาตรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง และวรรณทิพา รอดแรงค้า. “การสำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีของนิสิตครูวิทยาศาสตร์”, **วิทยาสารเกษตรศาสตร์สังคมศาสตร์**. 27(1): 27-38, 2549.

ฐิติสิทธ นิลโสม. **การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. การค้นคว้าอิสระปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2552.

ทิศนา แขมมณี. **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2545.

ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาษร. “การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 14(2): 23-33; พฤษภาคม, 2555.

นภาพร แถวโนนงิ้ว. **การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ (ว 102) เรื่อง โลกสีเขียวของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2537.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. “การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 6.** น. 26-31. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. **การเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1**. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ฟเมเนจเมนท์, 2544.

ภพ เลาหไพบูลย์. **การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา**. เชียงใหม่: เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล, 2534.

มนตรี เชื้อพันธ์. **การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. **วิธีทางวิทยาศาสตร์**. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2537.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. **เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544**. กรุงเทพฯ: สุวีริยสาส์น, 2545.

วิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง. **ผลการสอนเสริมเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543.

ศักดิ์ศรี สุภาษร. “กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: ทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 22(3): 331-343; กันยายน, 2554.

ศักดิ์ศรี สุภาษร. “บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 35(1): 1-7; มกราคม, 2555.

ศักดิ์ศรี สุภาษร. “การพัฒนาความเข้าใจมโนมติ เรื่อง สารละลายด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นวารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 7(1): 28-47; พฤษภาคม, 2559.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศรีบุญตาม โจมศรี. **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนมติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **เอกสารการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2544

_____. **การจัดการเรียนการสอนกลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

สมเจตน์ อุระศิลป์ และ ศักดิ์ศรี สุภาษร. “การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ”, **วารสารวิจัย มข. สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์**. 1(1): 38-57; เมษายน - มิถุนายน, 2554.

สยาม ตัญจพัฒน์กุล. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยโปรแกรมการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

สุนทร พรจำเริญ. **มโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายและการคำนวณหาปริมาณสารจากสมการเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจังหวัดชุมพร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2543.

สุภาพร อินบุญนะ. **มโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจังหวัดนครศรีธรรมราช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2542.

สุวิมล เขี้ยวแก้ว. **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา**. ปัตตานี: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2540.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. **การเรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ**. กรุงเทพฯ: การพิมพ์, 2544.

อัจฉรา ยังคง. **ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนแบบร่วมมือในการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.

อุมาพร เอี่ยมละออ. **ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Basili, D.A. and Sanford, J.P. “Conceptual Change Strategies and Cooperative Work in Chemistry”, **Journal of Research in Science Teaching**. 28(4): 293-304; April, 1991.

Birk, J.P. and Kurtz, M.J. “Effect of Experience on Retention and Elimination of Misconceptions about Molecular Structure and Bonding”, **Journal of Chemical Education**. 76(1): 124-128; January, 1999.

Coll, R.K. and Taylo, N. “Alternative Conceptions of Chemical Bonding Held by Upper Secondary and Tertiary Students”, **Research in Science and Technological Education**. 19(2): 171-191; November, 2001.

Dykstra, D.L., Boyle, C.F. and Monarch, I.A. “Studying Conceptual Change in Learning Physics”, **Journal of Chemical Education**. 76(6): 615-652; November, 1992.

Griffiths, A.K., Thomey, K., Cooke, B. andNormore, G. “Remediation of Student Specific Misconceptions Relating to Three Science Conception”, **Journal of Research in Science Teaching**. 25(9): 709; November, 1988.

It's AumSum Time. (2015). “Ionic Bond”, https://www.youtube.com/watch?v=DEdRcfyYnSQ. April, 2018.

Lawson, A.E. and Thomson, L.D. “Formal Research Ability and Misconceptions Concerning Genetic and Natural Selection”, **Journal of Research in Science Teaching**. 25(9): 733-746; November, 1988.

Lawson, A.E. “Using the Learning Cycle to Teach Biology Concepts and Reasoning Patterns”, **Journal of Biology Education**. 35(4): 165-168; September, 2001.

Renner, J.W. and et al. “Understanding and Misconception of Eight Graders of Four Physics Concepts Fond in Textbooks”, **Journal of Research Teaching**. 27(1): 35-54; January, 1990.

Sanders, M. “Erroneous Idea about Respiration: The Teacher Factor”, J**ournal of Research Teaching**. 30(8): 919-934; October, 1993.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Simpsom, W.D. and Marek, E.A. “Understanding and Misconceptions of Biology Concepts Held by Students Attending Small High Schools and Students Attending Large High School”, **Journal of Research in Science Teaching**. 25(5): 361-374; August, 1988.

Salter, D., Richards, L. and Carey, T. “The T5 Design Model: An Instructional Model and Learning Environment to Support the Integration of Online and Campus-Based Courses”, **Educational Media International**. 41(3): 207-218; September, 2004.

Supasorn, S. “Grade 12 students’ conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit”, **Chemistry Education Research and Practice**. 16(2): 393-407; April, 2015.

Supasorn, S. and Promarak, V. “Implementation of 5E inquiry Incorporated with analogy learning approach to enchance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students”, **Chemistry Education Research and Practice.** 16(1): 121-132; January, 2015.

Wondersee, J.H. “Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students’ Misconception”, **Journal of Research in Science Teaching**. 23(7): 581-597; October, 1986.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

<u>แบบวัดมโมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก</u>

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>แผนที่ 1 การเกิดพันธะไอออนิก</u>

1. ธาตุ X เป็นธาตุสมมติ มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์คือ $^{27}_{13}X$ จะมีจำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนเท่าใด

   ก. โปรตอน 27, นิวตรอน 13, อิเล็กตรอน 27

   ข. โปรตอน 27, นิวตรอน 14, อิเล็กตรอน 13

   ค. โปรตอน 13, นิวตรอน 13, อิเล็กตรอน 13

   ง. โปรตอน 13, นิวตรอน 14, อิเล็กตรอน 13

   คำอธิบาย: บอกจำนวนเลขมวล และเลขอะตอม ของธาตุนี้

เลขมวล....., เลขอะตอม.....

Code	คะแนน	มโนมติ
1AR	+0.50	ระบุเลขมวลและเลขอะตอมถูกต้อง (A, Z ถูก)
1AW	0	ระบุเลขมวลและเลขอะตอมผิด (A สลับ Z)
1BR	+0.50	ระบุจำนวนโปรตอนตามเลขอะตอม (หรือตามเลขที่มีค่าน้อยกว่า)
1BW	0	ระบุจำนวนโปรตอนไม่เป็นไปตามเลขอะตอม (หรือไม่ตามเลขที่มีค่าน้อยกว่า)
1CR	+0.50	ระบุจำนวนอิเล็กตรอนตามเลขอะตอม (หรือตามเลขที่มีค่าน้อยกว่า) หรือตามจำนวนโปรตอน
1CW	0	ระบุจำนวนอิเล็กตรอนไม่เป็นไปตามเลขอะตอม (หรือไม่เป็นตามเลขที่มีค่าน้อยกว่า) หรือไม่ตามจำนวนโปรตอน
1DR	+0.50	ระบุจำนวนนิวตรอนจาก เลขมวล – เลขอะตอม หรือ A – Z หรือ เลขที่มีค่ามาก – เลขที่มีค่าน้อย
1DW	0	ไม่ระบุจำนวนนิวตรอนจาก เลขมวล – เลขอะตอม หรือ A – Z หรือ เลขที่มีค่ามาก – เลขที่มีค่าน้อย

2. ธาตุสมมติ Z มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น $_{16}^{32}Z$ ธาตุนี้จะสามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานย่อยได้อย่างไร

ก. $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$

ข. $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^4$

ค. $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^2$

ง. $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$

คำอธิบาย: บอกหมู่ และ คาบ และประเภทใด (ระหว่างโลหะเรพรีเซนเททีฟ โลหะทรานซิชัน กึ่งโลหะ หรืออโลหะ) ของธาตุนี้

หมู่....., คาบ....., เป็นธาตุ.....

Code	คะแนน	มโนมติ
2AR	+0.75	บอกหมู่ของธาตุถูกตามเวเลนต์อิเล็กตรอน
2AW	0	บอกหมู่ของธาตุผิด
2BR	+0.75	บอกคาบของธาตุตามจำนวนระดับพลังงานหลัก
2BW	0	บอกคาบของธาตุผิด
2CR	+0.50	บอกประเภทของธาตุตามหมู่หรือตามเวเลนซ์อิเล็กตรอน
2CW	0	บอกประเภทของธาตุผิด

3. ธาตุ ก มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์คือ ก ธาตุนี้จะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานหลักอย่างไร

ก. 2 8 9 ข. 2 8 18 8 3

ค. 2 8 8 1 ง. 2 8 18 11

คำอธิบาย: บอกหมู่ และ คาบ และประเภท (โลหะหมู่เรพรีเซนเททีฟ (A) อโลหะ หรือโลหะทรานซิชัน (B)) ของธาตุนี้

หมู่....., คาบ....., เป็นธาตุ.....

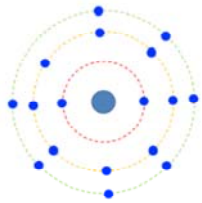
Code	คะแนน	มโนมติ
3AR	+0.75	บอกหมู่ของธาตุถูกตามเวเลนต์อิเล็กตรอน
3AW	0	บอกหมู่ของธาตุผิด
3BR	+0.75	บอกคาบของธาตุตามจำนวนระดับพลังงานหลัก

Code	คะแนน	มโนมติ
3BW	0	บอกคาบของธาตุผิด
3CR	+0.50	บอกประเภทของธาตุตามหมู่หรือตามเวเลนซ์อิเล็กตรอน
3CW	0	บอกประเภทของธาตุผิด

4. ธาตุสมมติ X มีเลขอะตอม 17, เลขมวล 35 ถ้าธาตุนี้มีการรับอิเล็กตรอนเข้ามาในอะตอม 1 ตัว ธาตุนี้จะมีสัญลักษณ์นิวเคลียร์เป็นอย่างไร

ก. $^{17}_{35}X^{+}$ ข. $^{17}_{35}X^{-}$ ค. $^{35}_{17}X^{+}$ ง. $^{35}_{17}X^{-}$

คำอธิบาย: วาดภาพอะตอม แสดงการเปลี่ยนแปลง

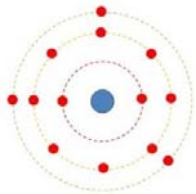
แทนอะตอมของธาตุ X	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอะตอมของธาตุ X
	

Code	คะแนน	มโนมติ
4AR	0.75	ขนาดไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมกลาง หรือขนาดไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมกลาง
4AW1	0	ขนาดไอออนลบเล็กกว่าอะตอมกลาง หรือขนาดไอออนบวกใหญ่กว่าอะตอมกลาง
4AW2	0	ขนาดไอออนลบหรือไอออนบวกเท่ากับขนาดของอะตอมกลาง
4BR	0.75	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่าอะตอมกลาง อยู่ 1 ตัว
4BW1	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่าอะตอมกลาง ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป
4BW2	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบน้อยกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกมากกว่าอะตอมกลาง
4BW3	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบหรือของไอออนบวกเท่ากับของอะตอมกลาง
4CR	0.50	จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวก (หรือลบ) เท่ากับของอะตอมกลาง (พิจาณาเวเลนต์อิเล็กตรอน)
4CW	0	จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวก (หรือลบ) ไม่เท่ากับของอะตอมกลาง (พิจารณาเวเลนต์อิเล็กตรอน)

5. ธาตุสมมติ Z มีโปรตอน 13 ตัว, มีนิวตรอน 14 ตัว และมีอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนโปรตอน ถ้าธาตุนี้มีการเสียอิเล็กตรอนในอะตอมไป 3 ตัวธาตุนี้จะมีสัญลักษณ์นิวเคลียร์เป็นอย่างไร

ข. $^{13}_{14}Z^{3+}$ ข. $^{27}_{13}Z^{3+}$ ค. $^{27}_{13}Z^{3-}$ ง. $^{13}_{27}Z^{3-}$

คำอธิบาย: วาดภาพอะตอม แสดงการเปลี่ยนแปลง

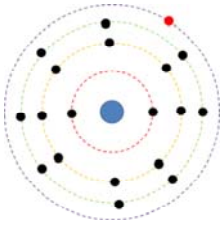
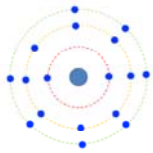
แทนอะตอมของธาตุ Z	แสดงการเปลี่ยนปลงของอะตอมของธาตุ Z
	

Code	คะแนน	มโนมติ
5AR	0.75	ขนาดไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมกลาง หรือขนาดไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมกลาง
5AW1	0	ขนาดไอออนบวกใหญ่กว่าอะตอมกลาง หรือขนาดไอออนลบเล็กกว่าอะตอมกลาง
5AW2	0	ขนาดไอออนลบหรือไอออนบวกเท่ากับขนาดของอะตอมกลาง
5BR	0.75	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่าอะตอมกลาง อยู่ 3 ตัว
5BW1	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่าอะตอมกลางตั้งแต่ 4 ตัว ขึ้นไป
5BW2	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกมากกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบน้อยกว่าอะตอมกลาง
5BW3	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกหรือของไอออนลบเท่ากับของอะตอมกลาง
5CR	0.50	จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวกน้อยกว่าอะตอมกลาง หรือ จำนวนระดับพลังงานของไอออนลบมากกว่าอะตอมกลาง
5CW1	0	จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวกมากกว่าอะตอมกลาง หรือ จำนวนระดับพลังงานของไอออนลบน้อยกว่าอะตอมกลาง
5CW2	0	จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวกและไอออนลบมีเท่ากับอะตอมกลาง

6. ธาตุสมมติ X มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานหลักเป็น 2 8 8 1 ธาตุสมมติ Z มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานหลักเป็น 2 8 7 เมื่อสองธาตุนี้เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก จะมีสูตรของสารประกอบว่าอย่างไร

ก. XZ ข. X_1Z_7 ค. X_7Z_1 ง. XZ_2

คำอธิบาย: วาดภาพอะตอม แสดงการเกิดสารประกอบไอออนิก

	ไอออบวกคือ X^+ ไอออนลบคือ Z^-	
แทนอะตอมของ X	หลังจาก ให้/รับ อิเล็กตรอน	แทนอะตอมของ Z

Code	คะแนน	มโนมติ
6AR	+0.50	ธาตุ X กลายเป็นไอออนบวก ส่วนธาตุ Z กลายเป็นไอออนลบ
6AW	0	ธาตุ X กลายเป็นไอออนลบ ส่วนธาตุ Z กลายเป็นไอออนบวก หรืออื่น ๆ
6BR	+0.50	ขนาดไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมกลาง และขนาดไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมกลาง
6BW1	0	ขนาดไอออนลบเล็กกว่าอะตอมกลาง และ/หรือขนาดไอออนบวกใหญ่กว่าอะตอมกลาง หรือขนาดเท่ากัน
6BW2	0	ขนาดไอออนลบหรือไอออนบวกเท่ากับขนาดของอะตอมกลาง
6CR	+0.50	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่า หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่าอะตอมกลาง อยู่ 1 ตัว
6CW1	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบมากกว่า และ/หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกน้อยกว่าอะตอมกลาง ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป
6CW2	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบน้อยกว่า และ/หรือจำนวนอิเล็กตรอนของไอออนบวกมากกว่าอะตอมกลาง
6CW3	0	จำนวนอิเล็กตรอนของไอออนลบหรือของไอออนบวกเท่ากับของอะตอมกลาง
6DR	+0.50	จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวกลดลง และจำนวนระดับพลังงานของไอออนลบเท่ากับของอะตอมกลาง (พิจาณาเวเลนต์อิเล็กตรอน)
6DW	0	จำนวนระดับพลังงานของไอออนบวกไม่ลดลง และหรือจำนวนระดับพลังงานของไอออน
		ไม่เท่ากับของอะตอมกลาง (พิจาณาเวเลนต์อิเล็กตรอน)

<u>แผนที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบ</u>

7. สารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุ $^{23}_{11}Na$ กับ $^{16}_{8}O$ และ $^{40}_{20}Ca$ กับ $^{35}_{17}Cl$ ควรมีสูตรว่าอย่างไรตามลำดับ

ก. NaO และ CaCl ข. Na_2O และ Ca_2Cl

ค. Na_2O และ $CaCl_2$ ง. Na_2O และ CaCl

คำอธิบาย: เขียนชื่อสารประกอบทั้งสองที่เกิดขึ้น ภาษาไทยและภาษาอังกฤษตามลำดับ

1) .....

2) .....

Code	คะแนน	มโนมติ
7AR	+0.50	สารที่ 1) เขียนชื่อภาษาไทยถูกต้องตามตัวเลือก
7AW	0	สารที่ 1) เขียนชื่อภาษาไทยไม่ถูกต้อง
7BR	+0.50	สารที่ 1) เขียนชื่อภาษาอังกฤษถูกต้องตามตัวเลือก
7BW	0	สารที่ 1) เขียนชื่อภาษาอังกฤษไม่ถูกต้อง
7CR	+0.50	สารที่ 2) เขียนชื่อภาษาไทยถูกต้องตามตัวเลือก
7CW	0	สารที่ 2) เขียนชื่อภาษาไทยไม่ถูกต้อง
7DR	+0.50	สารที่ 2) เขียนชื่อภาษาอังกฤษถูกต้องตามตัวเลือก
7DW	0	สารที่ 2) เขียนชื่อภาษาอังกฤษไม่ถูกต้อง

8. สารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุ $^{40}_{20}Ca$ กับ $^{19}_{9}F$ และ $^{27}_{13}Al$ กับ $^{16}_{8}O$ จะมีชื่อของสารประกอบว่าอย่างไรตามลำดับ

ก. แคลเซียมฟลูออรีน และ อะลูมิเนียมออกซิเจน

ข. แคลเซียมฟลูออรีน และ อะลูมิเนียมออกไซด์

ค. แคลเซียมฟลูออไรด์ และ อะลูมิเนียมออกซิเจน

ง. แคลเซียมฟลูออไรด์ และ อะลูมิเนียมออกไซด์

คำอธิบาย: เขียนสูตรและชื่อภาษาอังกฤษของสารประกอบทั้งสองที่เกิดขึ้น ตามลำดับ

1) .....

2) .....

Code	คะแนน	มโนมติ
8AR	+0.50	สารที่ 1) เขียนชื่อสูตรถูกต้องตามตัวเลือก
8AW	0	สารที่ 1) เขียนชื่อสูตรไม่ถูกต้อง
8BR	+0.50	สารที่ 1) เขียนชื่อภาษาอังกฤษถูกต้องตามตัวเลือก
8BW	0	สารที่ 1) เขียนชื่อภาษาอังกฤษไม่ถูกต้อง
8CR	+0.50	สารที่ 2) เขียนชื่อสูตรถูกต้องตามตัวเลือก
8CW	0	สารที่ 2) เขียนชื่อสูตรไม่ถูกต้อง
8DR	+0.50	สารที่ 2) เขียนชื่อภาษาอังกฤษถูกต้องตามตัวเลือก
8DW	0	สารที่ 2) เขียนชื่อภาษาอังกฤษไม่ถูกต้อง

9. ธาตุ $_{11}Na$ และ $_{35}Br$ เมื่อเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกควรมีขนาดของไอออนและอัตราส่วนไอออนที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบไอออนิกอย่างไร (กำหนด, สีแดงเป็นไอออนบวก, สีเขียวเป็นไอออนลบ)

ก.

ข.

ค.

ง.

คำอธิบาย: เขียนอัตราส่วนไอออน สูตร และชื่อภาษาอังกฤษ ของสารประกอบทั้งสอง

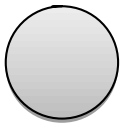
อัตราส่วน ไอออนบวก: ไอออนลบ	สูตร	ชื่อภาษาอังกฤษ
.....	.....	. .....

Code	คะแนน	มโนมติ
9AR	+0.50	เขียนอัตราส่วนไอออนถูกต้องตามตัวเลือก
9AW	0	เขียนอัตราส่วนไอออนไม่ถูกต้อง
9BR	+0.75	เขียนสูตรสารประกอบถูกต้องตามอัตราส่วนไอออน
9BW	0	เขียนสูตรสารประกอบไม่ถูกต้อง
9CR	+0.75	เขียนชื่อภาษาอังกฤษถูกต้องตามสูตร
9CW	0	เขียนชื่อภาษาอังกฤษไม่ถูกต้อง

10. ธาตุ $_{20}Ca$ สร้างพันธะไอออนิกกับ $_{35}Br$ จะสามารถเขียนสูตรว่าอย่างไร

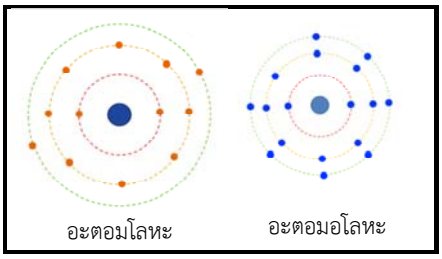
ก. CaBr ข. Ca_2Br ค. Ca_2Br_2 ง. $CaBr_2$

คำอธิบาย: วาดอนุภาคแสดงอัตราส่วนไอออนของการเกิดสารประกอบนี้

		
แทนอะตอมกลางของ Ca	แทนโมเลกุลสารประกอบ	แทนอะตอมกลางของ Br

Code	คะแนน	มโนมติ
10AR	+0.75	ขนาดไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมกลาง
10AW1	0	ขนาดไอออนลบเล็กกว่าอะตอมกลาง
10AW2	0	ขนาดไอออนลบเท่ากับขนาดของอะตอมกลาง
10BR	+0.75	ขนาดไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมกลาง
10BW1	0	ขนาดไอออนบวกใหญ่กว่าอะตอมกลาง
10BW2	0	ขนาดไอออนบวกเท่ากับขนาดของอะตอมกลาง
10CR	+0.50	การจัดเรียงตัวของไอออนลบต้องล้อมรอบไอออนบวก (หรือไอออนชนิดเดียวกันห้ามอยู่ชิดกัน)
10CW	0	การจัดเรียงตัวของไอออนลบไม่ล้อมรอบไอออนบวก (ไอออนชนิดเดียวกันอยู่ชิดกัน)

11. จากแผนภาพการเกิดสารประกอบไอออนิกดังภาพ ควรเกิดจากการรวมตัวของธาตุโลหะกับอโลหะหมู่ใด



ก. โลหะหมู่ 1 กับ อโลหะหมู่ 6

ข. โลหะหมู่ 1 กับ อโลหะหมู่ 7

ค. โลหะหมู่ 2 กับ อโลหะหมู่ 6

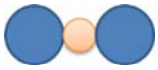
ง. โลหะหมู่ 2 กับ อโลหะหมู่ 7

คำอธิบาย: จากแผนภาพ พิจารณาจำนวนอิเล็กตรอนแล้วเขียนสูตรและชื่อของสารประกอบนี้

สูตร	ชื่อภาษาไทย	ชื่อภาษาอังกฤษ
.....	.....	.....

Code	คะแนน	มโนมติ
11AR	+0.75	เขียนสูตรสารประกอบถูกต้องตามตัวเลือก
11AW	0	เขียนสูตรสารประกอบไม่ถูก
11BR	+0.75	เขียนชื่อภาษาไทยถูกต้องตามสูตร
11BW	0	เขียนชื่อภาษาไทยไม่ถูก
11CR	+0.50	เขียนชื่อภาษาอังกฤษถูกต้องตามสูตร
11CW	0	เขียนชื่อภาษาอังกฤษไม่ถูก

12. สารประกอบไอออนิกสูตร CaI_2 ควรมีอัตราส่วนการรวมตัวกันของไอออนอย่างไร (กำหนดไอออนบวก สีส้ม, ไอออนลบ สีน้ำเงิน)

ก.
ข.
ค.
ง. 

คำอธิบาย: เขียนชื่อของสารประกอบไอออนิกทั้งสองนี้ตามลำดับ

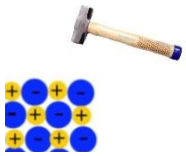
เลขอัตราส่วนการรวมตัวไอออนบวก: ไอออนลบ	ชื่อภาษาไทย	ชื่อภาษาอังกฤษ
.....	.....	.....

Code	คะแนน	มโนมติ
12AR	+0.75	เขียนเลขอัตราส่วนไอออนของสารประกอบถูกต้องตามตัวเลือก
12AW	0	เขียนเลขอัตราส่วนไอออนของสารประกอบผิด
12BR	+0.75	เขียนชื่อภาษาไทยถูกต้องตามอัตราส่วนอะตอม
12BW	0	เขียนชื่อภาษาไทยไม่ถูก
12CR	+0.50	เขียนชื่อภาษาอังกฤษถูกต้องตามอัตราส่วนอะตอม
12CW	0	เขียนชื่อภาษาอังกฤษไม่ถูก

<u>แผนที่ 3 สมบัติของสารประกอบไอออนิก</u>

13. เมื่อทุบผลึกของสารประกอบไอออนิกด้วยค้อน อนุภาคจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
    ก. ไอออนบวกและไอออนลบในผลึกยังคงสภาพเดิมไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
    ข. ไอออนบวกและไอออนลบในผลึกจะเกิดการเลื่อนไถลทำให้ไอออนชนิดเดียวกันมาเจอกัน
    ค. เกิดการสลับตำแหน่งกันระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบทั้งผลึก
    ง. ไอออนบวกและไอออนลบในผลึกจะแตกกระจายแยกออกจากกันอย่างรวดเร็ว

คำอธิบาย: เขียนระบุไอออน บวก/ลบ แล้ววาดภาพอนุภาคของผลึกเมื่อถูกทุบ

	
ผลึกไอออนิกก่อนทุบ (กำหนดให้)	การเปลี่ยนแปลงเมื่อทุบ

Code	คะแนน	มโนมติ
13AR	+0.50	มีการจัดเรียงไอออนบวกสลับกับลบ (ประจุตรงข้ามกัน)
13AW1	0	ไม่มีการจัดเรียงไอออนบวกสลับกับลบ (ประจุไม่ตรงข้ามกัน)
13AW2	0	ไม่เขียนระบุไอออน
13BR	+0.50	ระนาบผลึกเกิดการเลื่อนไถล (มีไอออนบวกและลบหลุดออกมา)
13BW	0	ระนาบผลึกไม่เลื่อนไถลและอนุภาคยังคงตรึงอยู่กับที่ไม่เปลี่ยนแปลง
13CR	+0.50	ผลึกมีขนาดเล็กลง (มีกลุ่มไอออนบวกกับไอออนลบเป็นกระจุก)
13CW1	0	ไอออนประจุเดียวกัน ไม่เคลื่อนที่มาชิดกัน
13CW2	0	ไอออนแต่ละไอออนในผลึกแตกกระจายออกจากกัน
13DR	+0.50	ไม่มีไอออนบวก/ลบที่เป็นไอออนเดี่ยว ๆ (มีไอออนบวก และไอออนลบยังจับกันเป็นคู่)
13DW1	0	ไอออนบวกและไอออนลบแยกออกจากกัน ไม่จับกันเป็นคู่

14. สาร A สามารถละลายน้ำได้ เมื่อนำสาร A ใส่ลงไปในน้ำ ก่อนที่สาร A จะละลายจะเกิดสิ่งใดก่อน

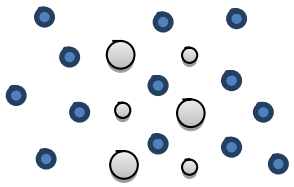
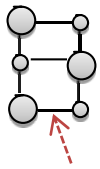
ก. มีพลังงานความร้อนเกิดขึ้นก่อน

ข. มีการสลายตัวของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร A

ค. อนุภาคของสาร A ยังคงรูปเดิม แต่มีน้ำมาล้อมรอบ

ง. อนุภาคของสาร A ทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นสารชนิดใหม่

คำอธิบาย: วาดภาพอนุภาคของสารขณะกำลังเกิดการละลาย

โมเลกุลของน้ำ	**อนุภาคของสารละลายขณะกำลังเกิดการละลาย**	**อนุภาคของสาร AB**
		 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค

Code	คะแนน	มโนมติ
14AR	+1.00	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร A ถูกทำลาย
14AW	0	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร A ไม่ถูกทำลาย
14BR1	+0.75	โมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบอนุภาค A, B
14BR2	+0.25	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร A ไม่ถูกทำลาย แต่มีน้ำมาล้อมรอบ
14BW	0	โมเลกุลของน้ำไม่มาล้อมรอบอนุภาค A, B

15. เมื่อแอมโมเนียมคลอไรด์ละลายน้ำจะเป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดพลังงานดังสมการ

ขั้นที่ 1 $NH_4Cl(s) \rightarrow NH_4^+(g) + Cl^-(g)$ **พลังงาน** E_1

ขั้นที่ 2 $NH_4^+(g) + Cl^-(g) + H_2O(l) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$ **พลังงาน** E_2

สมการรวม $NH_4Cl(s) + H_2O(l) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$ **พลังงาน** $E_{รวม}$

ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับพลังงาน E_2 และ E_1

ก. พลังงาน $E_2 > E_1$ ข. พลังงาน $E_1 > E_2$

ค. พลังงาน $E_1 = E_2$ ง. ไม่ทราบเนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

คำอธิบาย: จากสมการการละลายน้ำทั้งสองสมการ พลังงานที่เกิดขึ้น (E_1 และ E_2) มีชื่อว่าอะไร

สมการ	พลังงานที่เกิดขึ้น	ดูด/คาย
$NH_4Cl(s) \longrightarrow NH_4^+(g) + Cl^-(g)$	.....	.....
$NH_4^+(g) + Cl^-(g) \longrightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$	.....	.....

Code	คะแนน	มโนมติ
15AR	+0.50	สมการที่ 1 ระบุว่าเป็นพลังงานแลตทิซ หรือ พลังงานโครงผลึก
15AW	0	สมการที่ 1 ไม่ระบุว่าเป็นพลังงานแลตทิซ หรือ พลังงานโครงผลึก
15BR	+0.50	สมการที่ 1 เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดพลังงาน
15BW	0	สมการที่ 1 เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทคายพลังงาน
15CR	+0.50	สมการที่ 2 ระบุว่าเป็นพลังงานไฮเดรชั่น
15CW	0	สมการที่ 2 ไม่ระบุว่าเป็นพลังงานไฮเดรชั่น
15DR	+0.50	สมการที่ 2 เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทคายพลังงาน
15DW	0	สมการที่ 2 เป็นการเปลี่ยนแปลงประเภทดูดพลังงาน

16. เมื่อนำเกลือ KBr ละลายในน้ำบริสุทธิ์ ข้อใดเขียนสมการการละลายได้ถูกต้อง

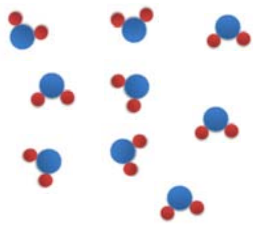
ก. $KBr(s) + H_2O(l) \longrightarrow KBr(aq)$

ข. $KBr(s) + H_2O(l) \longrightarrow K^+(aq) + Br^-(aq)$

ค. $2KBr(s) + H_2O(l) \longrightarrow K_2O(aq) + 2HBr(aq)$

ง. $KBr(s) + H_2O(l) \longrightarrow K^+(aq) + Br^-(aq) + 2H^+(aq) + O^{-2}(aq)$

คำอธิบาย: วาดภาพระดับอนุภาคแสดงการละลายของเกลือ KBr

		
แทนโมเลกุลของน้ำ	อนุภาคของสารละลายเกลือแกง	แทนผลึกของ KBr ● Br^-, ● K^+

Code	คะแนน	มโนมติ
16AR	0.50	โครงร่างผลึกของเกลือกระจายออกจากกัน
16AW	0	โครงร่างผลึกของเกลือไม่กระจายออกจากกัน
16BR	0.50	โครงร่างผลึกของเกลือกระจายออกจากกันแบบเป็นอนุภาคเดี่ยว ๆ (K^+ และ Br^-)
16BW	0	โครงร่างผลึกของเกลือไม่กระจายออกจากกันแบบเป็นคู่ (KBr)
16CR	0.50	แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบไอออนบวก และไอออนลบ
16CW	0	ไม่แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบไอออนบวก และไอออนลบ
16DR	0.50	อะตอม O ของน้ำหันหาไอออนบวก และอะตอม H ของน้ำหันหาไอออนลบ
16DW1	0	อะตอม O ของน้ำหันหาไอออนลบ และอะตอม H ของน้ำหันหาไอออนบวก
16DW2	0	การล้อมรอบแบบไม่มีแบบรูป (no pattern)

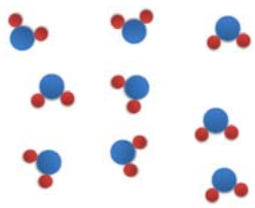
17. เมื่อนำน้ำตาลซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ละลายในน้ำบริสุทธิ์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. มีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น ทำให้โมเลกุลของซูโครสแตกตัวออกเป็นกลูโคส และ ฟรักโตส

ข. มีการสลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารให้แยกออกจากกัน

ค. มีสารผลิตภัณฑ์สารใหม่เกิดขึ้น

ง. โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสบางส่วนไม่สามารถละลายน้ำได้จึงเกิดตะกอน

		
แทนโมเลกุลของน้ำ	อนุภาคของสารละลายซูโครส	แทนผลึกของซูโครส

Code	คะแนน	มโนมติ
17AR	+0.50	โครงร่างผลึกของซูโครสกระจายออกจากกัน
17AW	0	โครงร่างผลึกของซูโครสไม่กระจายออกจากกัน
17BR	+0.50	โครงร่างผลึกของซูโครสกระจายออกจากกันเป็นแบบโมเลกุลซูโครส
17BW	0	โครงร่างผลึกของซูโครสกระจายออกจากกันเป็น กลูโคส และ ฟรักโตส
17CR	+0.50	แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบโมเลกุลซูโครส
17CW	0	ไม่แสดงโมเลกุลน้ำล้อมรอบโมเลกุลซูโครส
17DR	+0.50	อะตอม Hของน้ำหันเข้าล้อมรอบโมเลกุลของซูดครส
17DW1	0	อะตอม H ของน้ำไม่หันเข้าล้อมรอบโมเลกุลของซูดครส
17DW2	0	การล้อมรอบแบบไม่มีแบบรูป (no pattern)

<u>แผนที่ 4 ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก</u>

18. เมื่อนำ H_2CO_3 และ $MgCl_2$ มาทำปฏิกิริยากัน พบว่าเกิดตะกอนสีขาวเกิดขึ้น ตะกอนที่เกิดขึ้นคือตะกอนชนิดใด

ก. H_2 ข. HCl ค. $MgCO_3$ ง. $MgCl_2$

คำอธิบาย: เขียนสมการไอออนิกของปฏิกิริยานี้

..... $\longrightarrow$ .....

Code	คะแนน	มโนมติ
18AR	+0.5	เขียนระบุสารตั้งต้นได้ถูกต้อง (Mg^{2+} + CO_3^{2-})
18AW	0	เขียนระบุสารตั้งต้นผิด
18BR	+0.5	เขียนระบุสารผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องตามสารตั้งต้น
18BW	0	เขียนระบุสารผลิตภัณฑ์ไม่ถูกต้องตามสารตั้งต้น
18CR	+0.5	ระบุสถานะของสารตั้งต้นได้ถูกต้อง, สารละลาย (aq), ของแข็ง (s)
18CW	0	ระบุสถานะของสารตั้งต้นผิด
18DR	+0.5	ระบุสถานะของสารผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้อง, สารละลาย (aq), ของแข็ง (s)
18DW	0	ระบุสถานะของสารผลิตภัณฑ์ผิด

19. เมื่อผสมสารละลายแต่ละคู่ลงในบีกเกอร์ ผลิตภัณฑ์ของสารคู่ใดจะเกิดการตกตะกอน

ก. $CaCl_2$ + NH_4NO_3 ข. Zn + HCl

ค. $BaCl_2$ + Na_2CO_3 ง. Na_3PO_4 + KCl

คำอธิบาย: เขียนสมการแสดงการเกิดตะกอนของปฏิกิริยานี้

..... $\longrightarrow$ .....

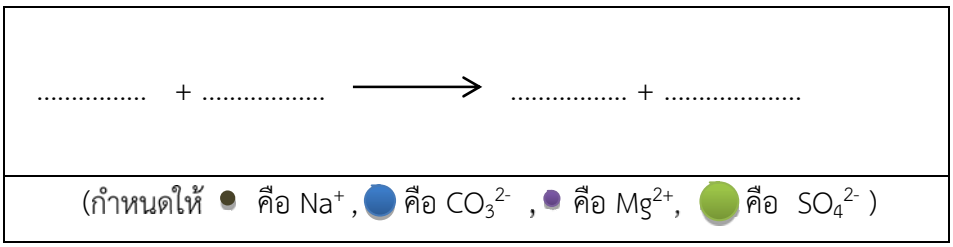
Code	คะแนน	มโนมติ
19AR	+0.5	เขียนระบุสารตั้งต้นได้ถูกต้องตามตัวเลือก
19AW	0	เขียนระบุสารตั้งต้นผิด
19BR	+0.5	เขียนระบุสารผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องตามตัวเลือก
19BW	0	เขียนระบุสารผลิตภัณฑ์ผิด
19CR	+0.5	ระบุสถานะของสารตั้งต้นได้ถูกต้อง, สารละลาย (aq), ของแข็ง (s)
19CW	0	ระบุสถานะของสารตั้งต้นผิด
19DR	+0.5	ระบุสถานะของสารผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้อง, สารละลาย (aq), ของแข็ง (s)
19DW	0	ระบุสถานะของสารผลิตภัณฑ์ผิด

20. การทำปฏิกิริยากันของ Na_2CO_3 และ $MgSO_4$ ในน้ำจะได้ตะกอนของสารใด

ก. Na_2Mg ข. Na_2SO_4 ค. $MgNa_2$ ง. $MgCO_3$

คำอธิบาย: วาดภาพระดับอนุภาคแสดงอัตราส่วนไอออนที่ถูกต้อง

ของปฏิกิริยา $Na_2CO_3 + MgSO_4$

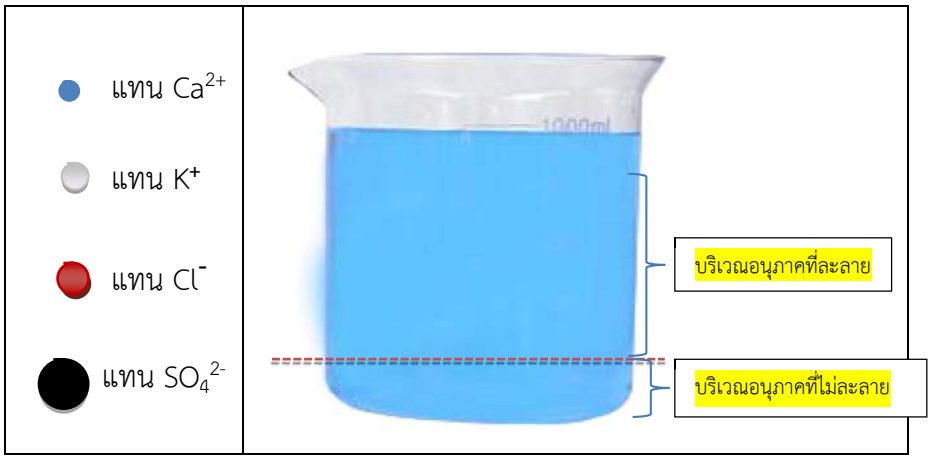


Code	คะแนน	มโนมติ
20AR	+0.5	วาดอนุภาคสารตั้งต้นตัวแรกถูกต้อง (แทน Na_2CO_3)
20AW	0	วาดอนุภาคสารตั้งต้นตัวแรกผิด
20BR	+0.5	วาดอนุภาคสารตั้งต้นตัวที่สองถูกต้อง (แทน $MgSO_4$)
20BW	0	วาดอนุภาคสารตั้งต้นตัวที่สองผิด
20CR	+0.5	วาดอนุภาคสารผลิตภัณฑ์ตัวแรกถูกต้อง (แทนNa_2SO_4)
20CW	0	วาดอนุภาคสารผลิตภัณฑ์ตัวแรกผิด
20DR	+0.5	วาดอนุภาคสารผลิตภัณฑ์ตัวที่สองถูกต้อง (แทน $MgSO_4$)
20DW	0	วาดอนุภาคสารผลิตภัณฑ์ตัวที่สองผิด

21. ของแข็ง 3 ชนิด คือ $CaCl_2$, K_2SO_4 และ NaCl ผสมปนกันในน้ำ 100 cm^3 ใช้แท่งแก้วคน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที พบว่าเกิดปฏิกิริยาและมีการตกตะกอนอยู่ที่ก้นบีกเกอร์ ตะกอนดังกล่าวควรเป็นสารใด (กำหนดให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์)

ก. $CaCl_2$ ข. $CaSO_4$ ค. KCl ง. K_2SO_4

คำอธิบาย: วาดภาพระดับอนุภาคแสดงสารที่ตกตะกอน



Code	คะแนน	มโนมติ
21AR	+0.50	วาดอนุภาคของสารที่ไม่ละลายได้ถูก
21AW	0	วาดอนุภาคของสารที่ไม่ละลายผิด
21BR	+0.50	วาดอนุภาคของสารที่ละลายถูก
21BW	0	วาดอนุภาคของสารที่ละลายผิด
21CR	+0.50	วาดอนุภาคที่ไม่ละลายตกลงก้นปีกเกอร์
21CW	0	วาดอนุภาคที่ไม่ละลายไม่ตกลงก้นปีกเกอร์
21DR	+0.50	วาดอนุภาคของสารที่ละลายอยู่ด้านบนของปีเกอร์
21DW	0	วาดอนุภาคของสารที่ละลายไม่อยู่ด้านบนของปีเกอร์

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค เรื่อง พันธะไอออนิกและคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รายวิชา เคมี 2 (ว 31221)**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 **เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **เวลา 3 ชั่วโมง**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานที่ ว 3.1

เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ม. 4/12 อธิบายการเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้าง การเขียนสูตร การเรียกชื่อและสมบัติของสารประกอบไอออนิก

มาตรฐาน ว 8.1

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ม. 4/1 - ม. 4/12

2. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ตัวอย่างเช่น NaCl ขั้นแรกโมเลกุลของน้ำจะดึงดูดโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนให้หลุดออกจากโครงสร้าง โดยจะใช้พลังงานที่ดูดเข้าไปเท่ากับพลังงานแลตทิซ ขั้นที่สองไอออนแต่ละชนิดที่หลุดออกไปนั้นจะถูกล้อมล้อมด้วยโมเลกุลของน้ำโดยน้ำจะหันทางด้านขั้วตรงข้ามเข้าไปยึดเหนี่ยว และจะคายพลังงานออกมาเรียกว่าพลังงานไฮเดรชัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิกได้

ด้านทักษะ

1. นักเรียนสามารถทำการทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสารประกอบไอออนิกเมื่อละลายน้ำได้

2. นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนแสดงความสนใจในการทดลองโดยติดตามงานที่ได้รับมอบหมาย และส่งงานอย่างครบถ้วน

4. สาระการเรียนรู้

4.1 สาระการเรียนรู้แกนกลาง

สมบัติของสารประกอบไอออนิก

5. สมรรถนะของผู้เรียน

5.1 สมรรถนะในการคิด

5.2 สมรรถนะในการสื่อสาร

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

6.1 ซื่อสัตย์สุจริต

6.2 ใฝ่เรียนรู้

6.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

6.4 มีวินัยในการเรียน

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

7.1 กิจกรรมที่ 3 เรื่อง สมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

7.2 กิจกรรมที่ 4 สร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

8. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่วัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้ 1. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิกได้	1. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิกได้ 2. นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	1. ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิกได้ 2. แบบประเมินการสร้างแบบจำลองทางความคิด	1. ระดับ พอใช้
ด้านทักษะ 1. เมื่อเตรียมอุปกรณ์การทดลองไว้ให้นักเรียน นักเรียนสามารถทำการทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสารประกอบไอออนิกเมื่อละลายน้ำได้	1. สังเกตพฤติกรรมการทำการทดลอง	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการทำการทดลอง	1. ระดับ พอใช้
ด้านจิตวิทยาศาสตร์ 1. นักเรียนแสดงความสนใจในการทดลอง โดยติดตามงานที่ได้รับมอบหมาย และส่งงานอย่างครบถ้วน	1. สังเกตพฤติกรรมการส่งงาน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการส่งงาน	1. ระดับ พอใช้

9. กิจกรรมการเรียนรู้ (แบบ 5E)

9.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

9.1.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

9.1.1.1 ในการเกิดสารประกอบไอออนิกนั้นเกิดพลังงานอยู่กี่ประเภท อะไรบ้าง

(**แนวตอบ** 2 ประเภท คือ พลังงานจากการดูดความร้อนและพลังงานจากการคายความร้อน)

9.1.1.2 พลังงานดูดหรือคายความร้อนนั้นนักเรียนคิดว่าเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิอย่างไร

(**แนวตอบ** จะต้องมีการเพิ่มและลดอุณหภูมิเมื่อเกิดปฏิกิริยา)

9.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

9.2.1 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 - 6 คน คละเก่ง ปานกลางและอ่อน

9.2.2 แจกใบความรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิกและใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

9.2.3 ครูอธิบายวิธีปฏิบัติการทดลอง ในกิจกรรม การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ ข้อควรระวังในการใช้แคลอริมิเตอร์ และการวัดอุณหภูมิของสารละลาย ดังนี้

9.2.3.1 ก่อนทำการทดลองทุกครั้งควรเช็ดแคลอริมิเตอร์ให้แห้ง

9.2.3.2 เมื่อละลายสารในน้ำแล้ว ให้นักเรียนอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ตลอดเวลาจนกว่าอุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลง และทำการบันทึกอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

9.2.4 ให้นักเรียน ตัวแทนกลุ่มมารับอุปกรณ์ และสารเคมีที่เตรียมไว้ จากนั้นลงมือปฏิบัติการทดลองโดยครูเป็นผู้แนะนำ

9.2.5 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสังเกต และบันทึกผลการทดลองที่เกิดขึ้นลงในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ

9.2.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจากกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำภายในกลุ่มของตน

9.2.7 สุ่มตัวแทนนักเรียน 2 - 3 กลุ่มออกมาอภิปรายผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

9.2.8 ครูซักถามนักเรียนจากการทดลอง เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ นักเรียนคิดว่าเราสามารถบอกสภาพการละลายของสารได้อย่างไร และเมื่อสารประกอบไอออนิกละลาย การจัดเรียงตัวของอนุภาคเป็นอย่างไรเมื่อมีการละลายน้ำ เราจะมาเรียนรู้กันจากกิจกรรมต่อไปนี้

9.2.9 ครูนักให้เรียนทำกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

9.2.9.1 ครูแจกอุปกรณ์และใบกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนศึกษาวิธีการทำกิจกรรมอย่างละเอียด โดยมีคำชี้แจงดังนี้

1) ให้นักเรียนสร้างโมเดลการละลายน้ำของสารประกอบออนิกที่โจทย์กำหนด

2) แต่ละกลุ่มใช้เม็ดแม่เหล็กขนาดต่าง ๆ จัดวางลงในแผนภาพแทนสารประกอบไอออนิกที่เป็นของแข็ง และแทนโมเลกุลของน้ำ ที่อยู่ในปีกเกอร์ (บันทึกภาพที่)

3) เคลื่อนย้ายเม็ดแม่เหล็กเพื่อแสดงอนุภาคของสารต่าง ๆ เมื่อละลายน้ำ

4) แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มจนได้ข้อสรุป และคำตอบที่ถูกต้อง โดยมีคุณครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและปรึกษา

9.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

9.3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำให้ได้ความรู้ดังนี้

9.3.2 ผลึกไอออนิกภายใน ประกอบด้วยไอออนบวกยึดเหนี่ยวกับไอออนลบ ด้วยพันธะไอออนิกอย่างเหนียวแน่น เมื่อนำสารประกอบไอออนิกไปละลายน้ำ น้ำซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้วก็จะหันด้านขั้วบวกเข้าหาไอออนลบ และหันด้านขั้วลบเข้าหาไอออนบวกที่อยู่บริเวณผิวของผลึกไอออนิก เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนของผลึกไอออนิกขึ้น ถ้าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนที่ผิวผลึกไอออนิกมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวก และไอออนลบภายในผลึกไอออนิก ผลึกไอออนิกนั้นก็จะละลายน้ำได้ โดยไอออนบวก และไอออนลบจะหลุดออกจากผลึกไอออนิก แล้วมีน้ำล้อมรอบเกิดเป็นไฮเดรตขึ้น อย่างไรก็ตามโมเลกุลของน้ำจะล้อมรอบไอออนบวกและไอออนลบได้ไม่เท่ากัน และไอออนแต่ละชนิดจะมีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบมากน้อยแค่ไหนต้องขึ้นอยู่กับประจุรัศมี และโครงสร้างของไอออนนั้น

9.3.3 การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ตัวอย่างเช่น NaCl ขั้นแรกโมเลกุลของน้ำจะดึงดูดโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนให้หลุดออกจากโครงสร้าง โดยจะใช้พลังงานที่ดูดเข้าไปเท่ากับพลังงานแลตทิซ ขั้นที่สองไอออนแต่ละชนิดที่หลุดออกไปนั้นจะถูกล้อมล้อมด้วยโมเลกุลของน้ำ โดยน้ำจะหันทางด้านขั้วตรงข้ามเข้าไปยึดเหนี่ยว และจะคายพลังงานออกมาเรียกว่าพลังงานไฮเดรชัน

9.3.4 ถ้าพลังงาน แลตทิซ มากกว่า ไฮเดรชัน เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

9.3.5 ถ้าพลังงาน แลตทิซ น้อยกว่า ไฮเดรชัน เป็นปฏิกิริยา คายความร้อน

9.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

9.4.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากสมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกแล้ว ยังมีสมบัติทางกายภาพที่นักเรียนต้องรู้เช่น

9.4.1.1 มีความแข็งแรงแต่แตกเปาะง่าย เนื่องจากมีแรงผลักกันระกว่างไอออเมื่อมีการทบตี

(ครูใช้เม็ดแม่เหล็ก วางไอออนบวก และลบเป็นชั้น ๆ ให้ติดกัน จากนั้นใช้ปากกาเขี่ย และเคาะลงไปบนโมเดล นักเรียนจะสังเกตเห็นอนุภาคที่เป็นชนิดเดียวกันมาใกล้กันแล้วเกิดแรงผลัก ทำให้สารประกอบไอออนิกมีความเปราะและแตกหักง่าย)

9.4.1.2 จุดหลอมเหลวสูง (สังเกตจากการขั้วเกลือแกงที่บ้าน)

9.4.1.3 การนำไฟฟ้าในสถานะของเหลว (ครูสาทิตการทดลอง Hands on สั้น ๆ ของการนำไฟฟ้า เปรียบเทียบระกว่างเกลือแกงแห้ง และ สารละลายน้ำเกลือ)

9.5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

9.5.1 ครูสุ่มถามนักเรียนโดยตั้งคำถามเกี่ยวกับสมบัติของสารประกอบไอออนิกว่ามีอะไรบ้าง ? โดยครูประเมินจากคำตอบของนักเรียน

9.5.2 ครูประเมินจากการตอบคำถาม ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ และใบกิจกรรมที่ 4 กิจกรรมสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

9.5.3 ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

10. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

10.1 สื่อการเรียนรู้

10.1.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 ของ สสวท.

10.1.2 Power point เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

10.1.3 ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง สมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

10.1.4 ใบกิจกรรมที่ 4 สร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

10.2 แหล่งการเรียนรู้

10.2.1 ห้องสมุดโรงเรียน

10.2.2 ข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

(1) http://www.vcharkarn.com/lesson/view.php?id=1171

(2) http://nakhamwit.ac.th/pingpong_web/ChenBond.htm

(3) http://th.wikipedia.org/wwiki/

(4) http://www.thaigoodview.com/node/17385

11. บันทึกการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค/ข้อบกพร่องที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ปัญหา

.....

.....

ชื่อ.....ผู้จัดการเรียนรู้

(นายกฤษฎา พนันชัย)

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

ความคิดเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

☐ ใช้สอนได้ ☐ ควรปรับปรุง

ข้อแนะนำ/สิ่งที่ควรปรับปรุง

.....

.....

ชื่อ.....**หัวหน้ากลุ่มสาระ**

(นางสาวปิยะธิดา พึ่งพินิจ)

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

ความคิดเห็นของผู้อำนวยการ

☐ ใช้สอนได้ ☐ ควรปรับปรุง

ข้อแนะนำ/สิ่งที่ควรปรับปรุง

.....

.....

ชื่อ.....**ผู้อำนวยการ**

(นายนิติพงษ์ ยาวไธสง)

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

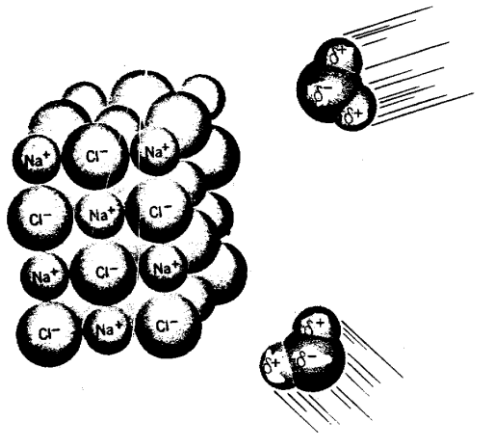
ใบความรู้ที่ 3
เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกที่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นน้ำแล้ว จะแตกตัวเป็นไอออน สามารถนำไฟฟ้าได้พร้อมกันนั้นก็จะมีพลังงานเปลี่ยนแปลงคู่กันไปด้วยเสมอ แต่สารประกอบ ไอออนิกจะแตกตัวอย่างไรในน้ำเราจะศึกษาต่อไป

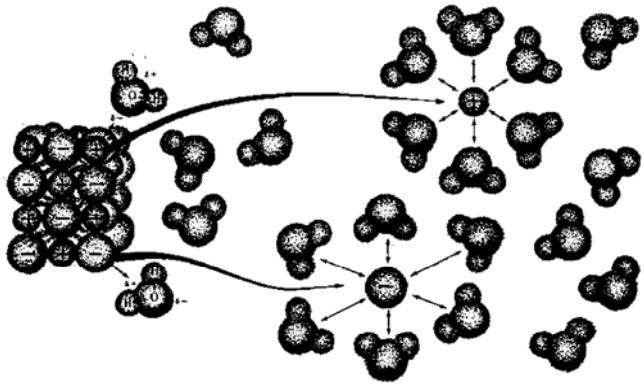
1. กลไกของการละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ

ผลึกไอออนิกภายใน ประกอบด้วยไอออนบวกยึดเหนี่ยวกับไอออนลบ ด้วยพันธะไอออนิกอย่างเหนียวแน่น เมื่อนำสารประกอบไอออนิกไปละลายน้ำ น้ำซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้วก็จะหันด้านขั้วบวกเข้าหาไอออนลบและหันด้านขั้วลบเข้าหาไอออนบวกที่อยู่บริเวณผิวของผลึกไอออนิก เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนของผลึกไอออนิกขึ้น ถ้าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนที่ผิวผลึกไอออนิกมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกและไอออนลบภายในผลึกไอออนิก ผลึกไอออนิกนั้นก็จะละลายน้ำได้ โดยไอออนบวก และไอออนลบจะหลุดออกจากผลึกไอออนิก แล้วมีน้ำล้อมรอบเกิดเป็นไฮเดรตขึ้น อย่างไรก็ตามโมเลกุลของน้ำจะล้อมรอบไอออนบวก และไอออนลบได้ไม่เท่ากันและไอออนแต่ละชนิดจะมีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบมากน้อยแค่ไหนต้องขึ้นอยู่กับประจุรัศมีและโครงสร้างของไอออนนั้น เช่น

ในกรณีโซเดียมคลอไรด์ ละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออน Na^+ และ Cl^- จากนั้นก็จะมีน้ำล้อมรอบกลายเป็นไฮเดรต (Hydrate) ซึ่งแทนได้เป็น $Na^+(H_2O)_X$, Cl^- $(H_2O)_Y$ แต่ค่า x และ y ไม่ทราบว่ามีค่าแน่นอนเท่าไร ดังนั้น จึงเขียนแทนเป็น $Na^+(aq)$, Cl^- (aq) aq ย่อมาจาก aqueous แปลว่า มีน้ำล้อมรอบ



รูปที่ 1 การเกิดสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ โมเลกุลมีขั้วของน้ำ เข้าดึงไอออนที่ผิวของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ออกเป็นไอออนที่มีน้ำล้อมรอบ



รูปที่ 2 ไอออนถูกน้ำล้อมรอบ ไอออนของสารไอออนิกละลายในน้ำ โมเลกุลของน้ำเข้าดึงไอออนด้วยแรงดึงดูดระหว่างไอออน/ขั้ว ออกเป็นไอออนบวก และลบ แล้วน้ำจึงเข้าล้อมรอบโดยดึงดูดด้วยแรงที่เกิดจากประจุของไอออนกับขั้วของน้ำ

โซเดียมคลอไรด์ละลายน้ำสามารถเขียนเป็นสมการแสดงการละลายน้ำได้ดังนี้

$$NaCl\ (s) + (x + y)\ H_2O \rightarrow Na^+ (H_2O)_x + Cl^- (H_2O)_y$$

หรือ $$NaCl\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+ (aq) + Cl^- (aq)$$

สรุปการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

1. สารประกอบไอออนิกทุกชนิดที่ละลายน้ำได้ จะต้องมีพลังงานเปลี่ยนแปลงควบคู่กันไปเสมอ อาจเป็นแบบคายพลังงานหรือดูดพลังงาน

2. สารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำได้ เกิดในกรณีที่แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนของผลึกไอออนิกมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวก และไอออนลบของผลึกไอออนิกนั้น

3. สารประกอบไอออนิกที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก เกิดในกรณีที่แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำไม่สามารถแยกไอออนจากผลึกได้โดยไอออนบวก และไอออนลบของผลึกไอออนิกดึงดูดแรงมาก

4. สารประกอบไอออนิกใดละลายน้ำได้มาก จะอิ่มตัวช้า และถ้าสารประกอบไอออนิกใดที่ละลายน้ำได้น้อยจะอิ่มตัวเร็ว

5. ความสามารถในการละลายของสาร คือ ความสามารถของสารที่ละลายในตัวทำละลายจนอิ่มตัวแต่ความสามารถในการละลายของสารประกอบไอออนิกจะมากแค่ไหนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของสาร สำหรับการบอกความสามารถในการละลายโดยมากมักจะบอกหยาบ ๆ ดังนี้

ตัวถูกละลาย < 0.1 g / H_2O 100 g ที่ 25 ^{0}C = แสดงว่าไม่ละลาย

ตัวถูกละลาย 0.1 ถึง 1 g / H_2O 100 g ที่ 25 ^{0}C = แสดงว่าไม่ละลาย

ตัวถูกละลาย > 1 g / H_2O 100 g ที่ 25 ^{0}C = แสดงว่าละลายได้บางส่วน

ตารางที่ 1 ความสามารถในการละลายในน้ำของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากไอออนบวก และไอออนลบชนิดต่าง ๆ

ไอออนบวก (Cations)	ไอออนลบ (Anions)	ความสามารถในการละลายในน้ำของสารประกอบ
1. ไอออนบวกของแอลคาไล (ธาตุหมู่ 1A) Li^+, Na^+, K^+, Rb^+,Cs^+, Fr^+	ไอออนลบทุกชนิด	ละลายได้
2. ไฮโดรเจนไอออน (H^+ (aq))	ไอออนลบทุกชนิด	ละลายได้
3. แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+)	ไอออนลบทุกชนิด	ละลายได้
4. ไอออนบวกทุกชนิด	ไนเตรต (NO_3^-)	ละลายได้
5. ไอออนบวกทุกชนิด	อะซิเตต (CH_3COO^-)	ละลายได้
6. Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}, Cu^+ ไอออนบวกชนิดอื่น ๆ	ไรด์ Cl^- ไมด์ Br^- ไอไดด์ I^-	ละลายได้เล็กน้อย ละลายได้
7. Ag^+, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Pb^{2+} ไอออนบวกชนิดอื่น	ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซัลเฟต (SO_4^{2-})	ละลายได้เล็กน้อย ละลายได้เล็กน้อย
8. ไอออนแอลคาไล (ธาตุหมู่ 1A) H^+ NH_4^+, Be^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} ไอออนบวกชนิดอื่น	ซัลไฟด์ S^{2-} ซัลไฟด์ S^{2-} ซัลไฟด์ S^{2-}	ละลายได้ ละลายได้ ละลายได้เล็กน้อย
9. ไอออนแอลคาไล, H^+, NH_4^+, Sr^{2+}, Ba^{2+} ไอออนบวกชนิดอื่น	ไฮดรอกไซด์ (OH^-) ไฮดรอกไซด์ (OH^-)	ละลายได้ ละลายได้เล็กน้อย
10. ไอออนแอลคาไล, H^+, NH_4^+ ไอออนบวกชนิดอื่น	ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ซัลไฟต์ (SO_3^{2-})	ละลายได้ ละลายได้เล็กน้อย

พลังงานกับการละลายสารประกอบไอออนิก

เมื่อนำผลึกสารประกอบไอออนิกละลายน้ำ จะมีพลังงานความร้อนเปลี่ยนแปลงควบคู่กันไปเสมอ และการละลายของผลึกสารประกอบไอออนิกนี้มีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้นเป็นขั้นย่อย ๆ และแต่ละขั้นตอนมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานด้วย เช่น

การละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในน้ำ มีขั้นตอนย่อย ๆ เปลี่ยนแปลงพลังงานดังนี้

ขั้นที่ 1 ผลึกสารประกอบไอออนิกแตกตัวเป็นไอออนในสภาวะก๊าซ ซึ่งมีการดูดพลังงานเพื่อสลายพันธะไอออนิกระหว่าง Na^+กับ Cl^- ออกจากกันเป็นไอออนในสภาวะก๊าซ พลังงานนี้มีค่าเท่ากับ พลังงานแลตทิซ (Lattice energy) ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า ΔH_{latt}

$$NaCl\ (s) \longrightarrow Na^+\ (g) + Cl^-\ (g); \qquad \Delta H_{latt} = +776\ kJ$$

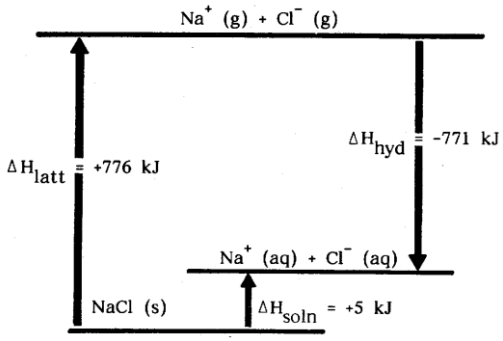
ขั้นที่ 2 ไอออนที่เป็นก๊าซจะถูกน้ำล้อมรอบเกิดไฮเดรตมีการคายพลังงานออกมา เรียกพลังงานนี้ว่า พลังงานไฮเดรชัน (Hydration energy) ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า H_{hyd}

$$Na^+\ (g) + Cl^-\ (g) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq); \quad H_{hyd} = -771\ kJ$$

รวมขั้นที่ 1 และ 2 ข้าด้วยกันจะได้

$$NaCl\ (s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq); \quad \Delta H_{soln} = +5\ kJ$$

ถ้า ΔH_{soln} = พลังงานของการละลาย



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแลตทิซ, พลังงานไฮเดรชัน และพลังงานการละลาย

ข้อสังเกต

พลังงานแลตทิซ (Lattice energy) คือ พลังงานที่คายออกมาเมื่อไอออนในสภาวะก๊าซที่มีประจุตรงข้ามมารวมกันเป็นของแข็งไอออนิก 1 โมล

พลังงานไฮเดรชัน (Hydration energy) คือ พลังงานที่คายออกมาเมื่อไอออนของก๊าซรวมกับน้ำ

พลังงานการละลาย (Heat of Solution) คือ พลังงานที่คายออกหรือดูดเข้าไปจากการละลายสาร 1 โมล ในตัวทำละลายตามจำนวนที่กำหนดให้

ใบกิจกรรมที่ 3
เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รายวิชา เคมี 2 (ว 31221)**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พันธะไอออนิก **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการทดลองต่อไปนี้ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง อภิปรายผล สรุปผลให้สมบูรณ์

จุดประสงค์ 1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังงานเมื่อสารประกอบไอออนิกละลายน้ำ
2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานเมื่อสารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้

ผู้ทำการทดลอง
กลุ่มที่..... ชั้น ม. 4 /.....

สมาชิก 1).....เลขที่.....
2).....เลขที่.....
3).....เลขที่.....
4).....เลขที่.....
5).....เลขที่.....

อุปกรณ์และสารเคมี

1. คอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ
2. แอมโมเนียมคลอไรด์
3. โซเดียมคลอไรด์
4. แท่งแก้วคนสาร
5. โกร่งหรือที่บด
6. น้ำ
7. แคลอริมิเตอร์
8. เทอร์มิเตอร์
9. ช้อนตักสาร
10. กระบอกตวง

วิธีการทดลอง

1. บรรจุน้ำ 25 cm^3 ในแคลอริมิเตอร์ วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกผล
2. ใส่คอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 1 g ลงในน้ำที่เตรียมไว้ คนสารละลายแล้วรีบปิดฝาแคลอริมิเตอร์ บันทึกอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของสารละลาย
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 - 2 โดยเปลี่ยนสารละลายเป็นแอมโมเนียมคลอไรด์ และโซเดียมคลอไรด์แทน ตามลำดับ

ตารางบันทึกผลการทดลอง

สาร	มวลของสาร	อุณหภูมิของน้ำ °C	อุณหภูมิของสารละลาย °C
NH_4Cl			
NaCl			
$CuSO_4$			

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจรรมที่ 4

เรื่อง กิจกรรมสร้างโมเดลระดับอนุภาคแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

สมาชิกในกลุ่ม.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

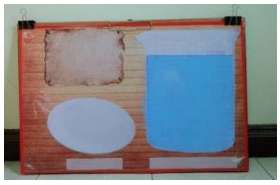
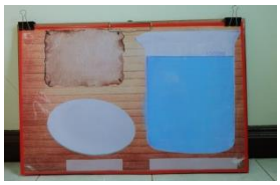
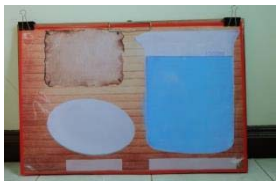
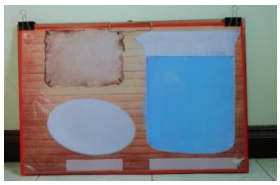
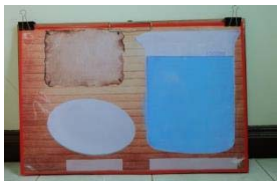
ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u>

1) ให้นักเรียนสร้างโมเดลการละลายน้ำของสารประกอบออนิกที่โจทย์กำหนด
2) แต่ละกลุ่มใช้เม็ดแม่เหล็กขนาดต่าง ๆ จัดวางลงในแผนภาพ แทนสารประกอบไอออนิกที่เป็นของแข็ง และแทนโมเลกุลของน้ำ ที่อยู่ในปีกเกอร์
3) เคลื่อนย้ายเม็ดแม่เหล็กเพื่อแสดงการการละลายน้ำ และแสดงตำแหน่งอนุภาคของสารที่เกิดขึ้น

<u>คำสั่ง</u>

จงสร้างโมเดลการละลายน้ำของสารประกอบออนิกต่อไปนี้ในแผ่นแม่เหล็ก พร้อมทั้งเขียนสมการและดุลสมการการละลายน้ำให้ถูกต้อง

1) NaCl (s) $\longrightarrow$?	2) $MgCl_2$ (s) $\longrightarrow$?
	
3) NaOH (s) $\longrightarrow$	4) K_2SO_4 (s) $\longrightarrow$
	
5) Li_2CO_3 (s) $\longrightarrow$	6) Na_2CO_3(s) $\longrightarrow$
	

เกณฑ์การประเมินการสร้างแบบจำลองทางความคิด

กลุ่มที่.....

เกณฑ์	คะแนน
1) เขียนระบุไอออนบวกและลบได้ถูกต้อง 2) เลือกขนาดของเม็ดแม่เหล็กแทนอะตอมได้ถูกต้อง 3) ใช้เม็ดแม่เหล็กสร้างโมเลกุลน้ำได้ถูกต้อง 4) แสดงลักษณะการเกิดการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง	ถูกต้องทั้ง 4 ประเด็น ได้ 10
	ถูกต้อง 3 ประเด็น ได้ 8
	ถูกต้อง 2 ประเด็น ได้ 5
	ถูกต้อง 1 ประเด็น ได้ 2
	ไม่ถูกต้อง ได้ 0

เกณฑ์การประเมินผล

- 10 – 9 คะแนน อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม
- 8 – 6 คะแนน อยู่ในระดับ ดีมาก
- 5 - 3 คะแนน อยู่ในระดับ พอใช้
- 2 - 0 คะแนน อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

วันที่ประเมิน.....เรื่อง.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/ .....

รายการประเมิน	คะแนนกลุ่ม ที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียน										
2. การมีส่วนร่วมในการเรียน										
3. ความมีระเบียบวินัย										
4. การรักษาความสะอาด										
5. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย										
6. ยอมรับฟังความเห็นของผู้อื่น										
7. มีเจตคติต่อการเรียนที่ดี										
8. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน										
รวม										

เกณฑ์การประเมิน

1 ผ่าน

0 ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....

(นายกฤษฎา พนันชัย)

ผู้ประเมิน

เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมการเรียน (Rubric scoring)

รายการประเมิน	**เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมการเรียน (คะแนน)**	
	1	**0**
1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียน	มีความตั้งใจ และสนใจในขณะเรียน	ขาดความตั้งใจ และไม่สนใจในขณะเรียน
2. การมีส่วนร่วมในการเรียน	มีส่วนร่วมในการเรียนมาก	มีส่วนร่วมในการเรียนน้อย
3. ความมีระเบียบวินัย	มีระเบียบวินัยในชั้นเรียน	ขาดระเบียบวินัยในชั้นเรียน
4. การรักษาความสะอาด	เก็บขยะใต้โต๊ะของกลุ่มก่อนออกจากห้องเรียน	ไม่เก็บขยะใต้โต๊ะของกลุ่มก่อนออกจากห้องเรียน
5. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	งานเสร็จ ส่งทันเวลา	งานเสร็จล่าช้า ส่งไม่ทันเวลา
6. ยอมรับฟังความเห็นของผู้อื่น	ยอมรับฟังความเห็นของเพื่อนในกลุ่ม	ไม่ยอมรับฟังความเห็นของเพื่อนในกลุ่มและแสดงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม
7. มีเจตคติต่อการเรียนที่ดี	พยายามตอบคำถามเวลาครูถาม	ไม่พยายามตอบคำถามเวลาครูถาม
8. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน	ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน	คุยและส่งเสียงดังในขณะเรียน

แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

วิชา.....ชั้น.....

หน่วยการเรียนรู้ที่.....กิจกรรม.....

คำชี้แจง: ให้ **ผู้สอน** ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในการปฏิบัติ **กิจกรรมทดลอง** โดยให้ระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน (ดูเกณฑ์ในหน้าต่อไป)

เกณฑ์การให้คะแนน 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ต้องปรับปรุง

กลุ่มที่	**ชื่อ-นามสกุล**	**รายการประเมิน**				**รวม 12 คะแนน**	**สรุปผลการประเมิน**	
		วิธีดำเนินการทดลอง	**การปฏิบัติการทดลอง**	**ความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง**	**การนำเสนอ**	**คะแนนที่ทำได้**	**ผ่าน ✓**	**ไม่ผ่าน ☒**

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์การประเมินผล ทักษะในการปฏิบัติการทดลอง (คิดจากคะแนนรวม)

- ตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดีมาก
- 5 - 7 คะแนน อยู่ในระดับ พอใช้
- ต่ำกว่า 5 คะแนน อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. วิธีดำเนินการทดลอง	- กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	- กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม	- กำหนดวิธีการ และขั้นตอนไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ
2. การปฏิบัติการทดลอง	- ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	- ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ถูกต้อง ถ้าให้คำแนะนำ	- ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลอง และการใช้อุปกรณ์
3. ความคล่องแคล่วในขณะทำการทดลอง	- มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และการใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย และเสร็จทันเวลา	- มีความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง และการใช้อุปกรณ์ แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย	- ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์ และการดำเนินการทดลอง
4. การนำเสนอ	- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง และนำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน	- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้องแต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	- ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอจึงจะปฏิบัติได้

ภาคผนวก ค
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก
ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. นางเอมอร	อ้อยทิพย์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี
2. นางจันทนา	พิทักษานุรัตน์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี
3. นายคุณากร	จำปาเงิน	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์เครื่องมือ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติ ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ค่า IOC

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ค่าIOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
6	+1	-1	+1	2	0.67	ข้อสอบใช้ได้
7	+1	-1	+1	2	0.67	ข้อสอบใช้ได้
8	+1	-1	+1	2	0.67	ข้อสอบใช้ได้
9	+1	-1	+1	2	0.67	ข้อสอบใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
17	+1	0	+1	2	0.67	ข้อสอบใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้

ตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ค่า IOC (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
24	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
26	0	+1	+1	2	0.67	ข้อสอบใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1	ข้อสอบใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก
แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น

ตารางที่ ง.2 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ข้อที่	ค่า (p)	ค่า (r)	ข้อที่	ค่า (p)	ค่า (r)
1	0.67	0.00	24	0.42	0.17
2	0.58	0.50	25	0.58	0.83
3	0.58	0.83	26	0.50	0.33
4	0.58	0.83	27	0.17	0.00
5	0.50	0.33	28	0.33	0.33
6	0.50	0.33	29	0.25	0.17
7	0.58	0.50	30	0.33	0.33
8	0.67	0.67			
9	0.58	0.50			
10	0.58	0.50			
11	0.58	0.17			
12	0.75	0.50			
13	0.58	0.83			
14	0.50	0.33			
15	0.25	-0.17			
16	0.33	0.67			
17	0.75	0.17			
18	0.58	0.50			
19	0.42	0.50			
20	0.67	0.67			
21	0.67	0.67			
22	0.42	0.50			
23	0.75	0.50			

จากข้อมูลในตารางที่ ง.1 เมื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยคำนวณจากสูตร KR20 ได้ค่าเท่ากับ 0.71

ภาคผนวก จ

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทน เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

ตารางที่ จ.1 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนที่เป็นแบบ 4 ตัวเลือก (คะแนนเต็ม 21)

เลขที่	คะแนน		ความก้าวหน้า		คะแนนความคงทน
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	%	<g>	
1	14.00	21.00	7.00	0.08	21.00
2	11.00	16.00	5.00	0.06	16.00
3	14.00	20.00	6.00	0.07	17.00
4	3.00	7.00	4.00	0.04	9.00
5	9.00	11.00	2.00	0.02	10.00
6	9.00	11.00	2.00	0.02	11.00
7	6.00	7.00	1.00	0.01	7.00
8	13.00	14.00	1.00	0.01	13.00
9	8.00	9.00	1.00	0.01	7.00
10	6.00	12.00	6.00	0.06	12.00
11	9.00	19.00	10.00	0.11	18.00
12	10.00	5.00	-5.00	-0.06	6.00
13	11.00	19.00	8.00	0.09	17.00
14	12.00	17.00	5.00	0.06	15.00
15	9.00	10.00	1.00	0.01	8.00
16	6.00	7.00	1.00	0.01	7.00
17	5.00	9.00	4.00	0.04	10.00
18	15.00	16.00	1.00	0.01	15.00
19	7.00	17.00	10.00	0.11	14.00
20	11.00	18.00	7.00	0.08	15.00
21	8.00	7.00	-1.00	-0.01	6.00
22	3.00	11.00	8.00	0.08	10.00
23	9.00	9.00	0.00	0.00	9.00
24	13.00	13.00	0.00	0.00	11.00
25	6.00	10.00	4.00	0.04	11.00
26	8.00	10.00	2.00	0.02	7.00
mean	9.04	12.50	3.46	0.04	11.62
SD	3.29	4.69	3.62	0.04	4.16

ตารางที่ จ.2 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนที่เป็นการเขียนอธิบายเหตุผล (คะแนนเต็ม 42)

เลขที่	คะแนน		ความก้าวหน้า		คะแนนความคงทน
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	%	<g>	
1	18.00	30.00	12.00	0.15	30.00
2	16.75	29.50	12.75	0.15	30.00
3	11.00	28.00	17.00	0.19	26.75
4	10.00	26.50	16.50	0.18	27.00
5	7.75	20.00	12.25	0.13	19.50
6	6.50	21.00	14.50	0.16	21.00
7	10.50	22.50	12.00	0.13	22.50
8	12.00	27.00	15.00	0.17	27.00
9	10.00	21.25	11.25	0.13	20.50
10	6.50	23.75	17.25	0.18	23.75
11	8.75	26.75	18.00	0.20	27.25
12	7.75	23.75	16.00	0.17	23.75
13	10.25	25.50	15.25	0.17	26.00
14	13.50	29.50	16.00	0.18	29.25
15	7.75	24.25	16.50	0.18	23.75
16	4.00	24.00	20.00	0.21	24.00
17	8.00	21.75	13.75	0.15	22.25
18	11.75	24.75	13.00	0.15	24.75
19	10.75	23.75	13.00	0.15	25.50
20	18.50	25.25	6.75	0.08	25.25
21	7.50	25.25	17.75	0.19	25.25
22	8.25	24.50	16.25	0.18	25.50
23	4.25	23.00	18.75	0.20	22.00
24	9.75	22.50	12.75	0.14	22.00
25	8.25	22.25	14.00	0.15	20.75
26	4.75	23.50	18.75	0.20	24.00
mean	9.72	24.61	14.88	0.16	24.59
SD	3.77	2.67	2.93	0.03	2.86

ตารางที่ จ.3 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือกและส่วนเขียนอธิบายเหตุผล (คะแนนเต็ม 63)

เลขที่	คะแนน		ความก้าวหน้า		คะแนนความคงทน
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	%	<g>	
1	32.00	51.00	19.00	0.28	51.00
2	27.75	45.50	17.75	0.25	46.00
3	25.00	48.00	23.00	0.31	43.75
4	13.00	33.50	20.50	0.24	36.00
5	16.75	31.00	14.25	0.17	29.50
6	15.50	32.00	16.50	0.20	32.00
7	16.50	29.50	13.00	0.16	29.50
8	25.00	41.00	16.00	0.21	40.00
9	18.00	30.25	12.25	0.15	27.50
10	12.50	35.75	23.25	0.27	35.75
11	17.75	45.75	28.00	0.34	45.25
12	17.75	28.75	11.00	0.13	29.75
13	21.25	44.50	23.25	0.30	43.00
14	25.50	46.50	21.00	0.28	44.25
15	16.75	34.25	17.50	0.21	31.75
16	10.00	31.00	21.00	0.23	31.00
17	13.00	30.75	17.75	0.20	32.25
18	26.75	40.75	14.00	0.19	39.75
19	17.75	40.75	23.00	0.28	39.50
20	29.50	43.25	13.75	0.20	40.25
21	15.50	32.25	16.75	0.20	31.25
22	11.25	35.50	24.25	0.27	35.50
23	13.25	32.00	18.75	0.22	31.00
24	22.75	35.50	12.75	0.17	33.00
25	14.25	32.25	18.00	0.21	31.75
26	12.75	33.5	20.75	0.24	31.00
mean	18.76	37.11	18.35	0.23	36.20
SD	6.15	6.66	4.31	0.05	6.37

ภาคผนวก ฉ

ภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

เรื่อง พันธะไอออนิก และคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค

ภาพที่ ฉ.1 การบรรยากาศการสอบวัดมโนมติของนักเรียน

ภาพที่ ฉ.2 กิจกรรมการสร้างโมเดลการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ภาพที่ ฉ.3 กิจกรรมกลุ่มการสร้างโมเดลการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ภาพที่ ฉ.4 กิจกรรมการทำงานกลุ่มในการทดลอง

ภาพที่ ฉ.5 การสร้างโมเดลการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

ภาพที่ ฉ.6 การอธิบายและให้คำปรึกษาของครูในการทำกิจกรรม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายกฤษฎา พนันชัย
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2553 ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู มหาวิทยาลัยบูรพา, พ.ศ. 2555
ประวัติการทำงาน	โรงเรียนอุ่มเหม้าประชาสรรค์ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม พ.ศ. 2555 - 2558 โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี พ.ศ. 2559 - ปัจจุบัน
ตำแหน่ง	ครู ค.ศ. 1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนโยธินบูรณะ เพชรบุรี อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี โทรศัพท์ 088 - 1178349 Email; k_pananchai@hotmail.com