การพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แอปพลิเคชัน 4D elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

ฝ่ายหอสมุด
สำนักวิทยบริการ

ทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING ON FORMULA AND NAMING OF IONIC COMPOUNDS FOR GRADE 10 STUDENTS USING 4D ELEMENTS APPLICATION AND IONIC COMPOUNDS MODEL

TIPANUN SRISUKWATTANAKIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2017
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แอปพลิเคชัน 4D elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

ผู้วิจัย นางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตังควนิช	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา	กรรมการ
ดร.สุภาพ ตาเมือง	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา)

....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

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

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา ที่ให้คำปรึกษา แนะนำอันมีคุณค่ายิ่งตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน และการเขียนรายงานการวิจัย การแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ สนับสนุนให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในการวิจัย แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตังควนิช และ ดร.สุภาพ ตาเมือง ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความรู้และสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พร้อมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่า และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณนางปรารถนา รักศิลป์ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนบัวใหญ่ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา นางสาวดรุณี ภัทรโภคิน ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสีดาวิทยา อำเภอสีดา จังหวัดนครราชสีมา และนางสัญญานนท์ บุญรินทร์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนไตรมิตร อำเภอโพธิ์ศรีสุวรรณ จังหวัดศรีสะเกษ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ พร้อมทั้งคอยให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะ แก้ไขในการสร้างเครื่องมือวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนหนองถ่มวิทยา อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ที่ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สุดท้ายนี้ขอน้อมระลึกถึงพระคุณบิดา และมารดา ผู้ที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในการศึกษาและทำวิจัยในครั้งนี้ และขอน้อมระลึกถึงพระคุณของครู อาจารย์ทุกท่านที่อบรม สั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ จนผู้วิจัยประสบผลสำเร็จด้วยดี ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาทั้งมวล

ทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แอปพลิเคชัน 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

ผู้วิจัย : ทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา

คำสำคัญ : 4D Elements, สารประกอบไอออนิก, ความเข้าใจมโนมติ, แอปพลิเคชันมือถือ

งานวิจัยนี้เป็นการใช้แอปพลิเคชันในมือถือชื่อ 4D Elements ภายใต้เครื่องหมายการค้า DAQRI และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก ในการจัดการเรียนรู้เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน 2) เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน และ 3) เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยใช้ แอปพลิเคชัน 4D Elements ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่จะช่วยเพิ่มประสบการณ์เหมือนจริงของธาตุและสารประกอบ และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก ในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดสารไอออนของธาตุ และการเกิดสารประกอบไอออนิก กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน และแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น จำนวน 20 ข้อ โดยในข้อคำถาม 1 ข้อจะประกอบด้วยส่วนที่ 1 จะเป็นคำถามในเนื้อหาที่เรียน ส่วนที่ 2 จะเป็นการใช้เหตุผล จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนจากกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกันพบว่านักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน พบว่า เรื่องอัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดสารประกอบไอออนิกมีความก้าวหน้าทางการเรียนมากที่สุด อยู่ในระดับสูง และเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ซึ่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็นร้อยละ 53.50 จำนวนนักเรียนที่ไม่แสดงความคิดเห็น ลดลงจากร้อยละ 93.00 เป็นร้อยละ 18.50 และร้อยละ 20.50 ของนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนบางส่วน เนื่องจากนักเรียนบางคนยังมีความสับสนในเรื่องของเลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชันและชื่อของธาตุที่มีสัญลักษณ์ธาตุคล้ายกัน

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN FORMULA AND NAMING OF IONIC COMPOUNDS FOR GRADE 10 STUDENTS USING 4D ELEMENTS APPLICATION AND IONIC COMPOUNDS MODEL.
AUTHOR : TIPANUN SRISUKWATTANAKIT
DEGREE : MASTER OF SCIENCE
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : ASST. PROF. KARNTARAT WUTTISELA, Ph.D.
KEYWORDS : 4D ELEMENTS, IONIC COMPOUNDS, CONCEPTUAL UNDERSTANDING, MOBILE APPLICATION

A mobile application named 4D Elementsunder trademark of DAQRIand Ionic Compounds Model was utilized in this research for students' learning of formula and naming of ionic compounds. The purposes of this study were 1) to compare the pretest-posttest results of learning achievement, 2) to study learning gain and 3) to study scientific conceptual understanding of formula and naming of ionic compounds using the 4D Elements application. The 4D Elements application provides an augmented reality experience of elements and ionic compounds and using the ionic compounds model to explain the elemental ions and the formation of ionic compounds. The participants in the research were students studying in Grade 10 during the first semester of the 2017 academic year. The research tools were six lesson plans and 20 items of two-tier multiple choice conceptual test, content-based and reason-based questions. Collected data were analyzed by comparison of the pretest and posttest learning achievement results using t-test for dependent samples. The study showed that students' posttest results were statistically higher than the pretest at significance level of .05. Normalized learning gain was investigated. It was found that 'ratio of atoms used for the formation of ionic compound' topic showed the highest normalized gain; at the high level, and the formula and naming of ionic compounds' topic showed medium level of normalized gain. Therefore, average

normalized gain was at the medium level. Students' scientific conceptual understanding was also investigated. The research findings revealed that number of students with complete conceptual understanding increased from 0.00% to 53.50% ,students with no response decreased from 93.00% to 18.50% and 20.50% of students had partial understanding with specific alternative conception. This might attributed to some students were confused about the oxidation number of transition elements and elements name of similarly chemical symbols.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มโนมติวิทยาศาสตร์	5
2.2 มโนมติที่คลาดเคลื่อนและมโนมติที่ผิด	6
2.3 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับไอออนิก	7
2.4 สาเหตุที่ทำให้มโนมติคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมี	8
2.5 การสร้างมโนมติ	9
2.6 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	9
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนการวิจัย	19
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	20
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	20
3.4 การสร้างเครื่องมือ	23
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	25
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

4.1 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน 28

4.2 การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน 41

4.3 ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 44

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 48

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย 49

5.3 ข้อเสนอแนะ 49

เอกสารอ้างอิง 50

ภาคผนวก

ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ และบันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ 56

ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 61

ค ตัวอย่างข้อสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 69

ง คุณภาพของเครื่องมือ 78

จ มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน 81

ฉ ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนรู้ 87

ช ผลงานการนำเสนอแบบบรรยาย ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ม.อบ.วิจัยครั้งที่ 11 90

ประวัติผู้วิจัย 102

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
2.1	มโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก	7
2.2	กระบวนการจัดการเรียนรู้ พฤติกรรมของนักเรียน และบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	12
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอน และจำนวนชั่วโมง ทั้งหมด 6 แผนการจัดการเรียนรู้	20
3.2	การแจกแจงข้อสอบ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	25
3.3	เกณฑ์การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์	27
4.1	ผลการเปรียบเทียบร้อยละผู้เรียนที่เลือกคำตอบในส่วนที่เป็นปรนัยถูก โดยไม่พิจารณาเหตุผลประกอบ (n = 10)	29
4.2	ผลการเปรียบเทียบร้อยละผู้เรียนที่อธิบายเหตุผลประกอบ (n = 10)	36
4.3	ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ก่อนและหลังเรียน	38
4.4	ผลการเปรียบเทียบร้อยละผู้เรียนที่เลือกคำตอบหลักและพิจารณาเหตุผลประกอบ (n = 10)	39
4.5	การแยกข้อคำถามตามเนื้อหา	43
4.6	ร้อยละความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกก่อน และหลังเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิกแยกตามเนื้อหา (n = 10)	45
4.7	ตัวอย่างความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน หลังเรียน เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกด้วย 4D elements	47
ง.1	ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์	79

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	วัฏจักรการสืบเสาะ	12
3.1	รูปแบบการวิจัย	19
3.2	ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนก	21
3.3	4D elements (a) กล่อง (b) เมื่อส่องผ่านapplication ทีละกล่อง (c) เมื่อนำกล่อง 2 กล่องติดกันแล้วส่องผ่าน application	22
3.4	แผนภาพการเกิดสารรประกอบไอออนิก ในหนังสือเรียนวิชาเพิ่มเติม เคมี 1 (สสวท.) หน้า 104	23
3.5	แบบจำลองสารประกอบไอออนิกอธิบายการเกิดสารประกอบไอออนิกของนักเรียน	23
4.1	ร้อยละคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เลือกคำตอบส่วนที่เป็นปรนัยโดยไม่พิจารณาเหตุผลประกอบ	29
4.2	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของคำถามข้อที่ 4 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน	30
4.3	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของคำถามข้อที่ 20 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน	31
4.4	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของคำถามข้อที่ 6 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน	32
4.5	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกของคำถามข้อที่ 7 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน	33
4.6	มโนมติที่คลาดเคลื่อนของ 4D elements เกี่ยวกับสูตรของ Zinc Chloride	34
4.7	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของคำถามข้อที่ 12 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน	34
4.8	สารประกอบ Ferrous Sulfide ใน 4D Elements	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.9	เปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่อธิบายเหตุผลประกอบ	37
4.10	เปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เลือกคำตอบหลักโดยพิจารณาเหตุผลประกอบ	40
4.11	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	42
4.12	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายแนวคิด หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย 4D elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก	43
4.13	ร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	46
ข.1	การเกิดสารประกอบไอออนิกของ Na กับ Cl	63
ข.2	การเกิดสารประกอบไอออนิกของ Mg กับ O	64
ข.3	การเกิดสารประกอบไอออกนิกของ Mg กับ Cl	64
ข.4	ตัวอย่างใบงานที่ 1.5 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	67
จ.1	การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 3.33)	82
จ.2	จำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 5.00)	82
จ.3	แนวโน้มการให้และรับอิเล็กตรอน/ไอออนที่เกิดขึ้น (ร้อยละ 10.00)	83
จ.4	การไข้วสูตรสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 10.00)	83
จ.5	แนวโน้มการให้และรับอิเล็กตรอน/ไอออนที่เกิดขึ้นไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 18.89)	84
จ.6	สัญลักษณ์ธาตุไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 22.22)	85
จ.7	ชื่อธาตุไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 18.00)	85
จ.8	ไม่ระบุไอออนของธาตุทรานซิชัน (ร้อยละ 10.00)	86
จ.9	ระบุจำนวนอะตอมเป็นภาษากรีก (ร้อยละ 10.00)	86
ฉ.1	สำรวจธาตุจาก 4D elements ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	88
ฉ.2	ศึกษาเกี่ยวกับการเกิดไอออนของธาตุ และการเกิดสารประกอบไอออนิก	88

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสอนวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจหลักการและทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ควรเน้นมโนมติที่สำคัญ จะทำให้นักเรียนสามารถจำแนกเรื่องราวต่าง ๆ ที่ซับซ้อนทางวิทยาศาสตร์และช่วยพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นพื้นฐานสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้เนื้อหาอื่น ๆ ด้วย (เสาวนีย์ สังฆะขี และวรรณจรีย์ มังสิงห์, 2555; อ้างอิงจาก สุวดี แสนคำภูมิ, 2544)

วิชาเคมีที่เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ มโนมติวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีจำนวนมาก มักจะเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น เรื่อง โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี และกรด-เบส ตลอดจน เนื้อหาหรือองค์ความรู้ส่วนใหญ่เป็นเรื่องที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ส่งผลให้การสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์ เป็นเรื่องที่ยากและนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีแนวโน้มในการมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนหรือมโนมติทางเลือก (alternative conception) หรือผิด (misconception) จากความเป็นจริงทางวิทยาศาสตร์ (scientific consensus) มโนมติวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีจะมีความเกี่ยวเนื่องกันและกัน มโนมติวิทยาศาสตร์เดิมที่ผู้เรียนเรียนก่อนจะเป็นพื้นฐานของมโนมติวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนในเรื่องถัดไป (สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) หากนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน นักเรียนจะไม่สามารถสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นก่อนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ครูผู้สอนต้องรู้มโนมติของนักเรียนในเรื่องนั้น ๆ ก่อน แล้วนำผลที่ได้ไปออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ศิศิรธร อ่างแก้ว, อริสรา อิสละรีย์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2559)

พันธะเคมีเป็นหนึ่งในหัวข้อที่สำคัญของวิชาเคมี มีลักษณะเนื้อหาเป็นนามธรรม ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ส่งผลให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้มาก การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะเคมีนับว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของการศึกษาสมบัติของสารและปฏิกิริยาเคมีทุกชนิด และได้มีงานวิจัยหลาย ๆ เรื่องที่ตรวจสอบมโนมติและมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโลหะ พันธะไอออนิก และพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60) มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาย่อยเรื่องพันธะเคมีในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากที่สุด คือ เรื่องการเกิดพันธะโลหะ และสมบัติของโลหะ (27 คน) รองลงมาคือเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (24 คน) อย่างไรก็ตามพบว่า นักเรียนยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่อง

โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกและเรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก (ทิฆัมพร โตสำลี, 2553) พันธะไอออนิกเป็นเรื่องที่เข้าใจยาก เพราะนักเรียนเกิดความสับสนระหว่างโครงสร้างของสารกับสูตรเคมี (อภิวัฒน์ ศรีกัณหา และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2558; อ้างอิงจาก Coll, R.K. and Taylor, 2001) อีกประเด็นหนึ่งอาจเนื่องจากวิชาเคมีเหมือนภาษาอีกภาษาหนึ่งที่นักเรียนต้องเรียนรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากภาษาที่ตนเองใช้ในชีวิตประจำวัน มีคำศัพท์มากมายที่นักวิทยาศาสตร์และนักเคมีใช้แต่นักเรียนไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจ (อภิวัฒน์ ศรีกัณหา และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2558; อ้างอิงจาก ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับอัจฉรีรัตน์ ศิริ, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2558) กล่าวว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก มีดังนี้ 1) นักเรียนบอกจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างโลหะและอโลหะไม่ถูกต้อง 2) นักเรียนเข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุโลหะกับอโลหะ 3) นักเรียนอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกไม่ถูกต้องเนื่องจากเข้าใจความหมายของ เวเลนซ์อิเล็กตรอนผิด 4) นักเรียนจำสัญลักษณ์ของธาตุทรานซิชันไม่ได้ จึงทำให้เขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง 5) นักเรียนไม่พิจารณาเลขประจุของธาตุทรานซิชัน 6) นักเรียนอ่านประจุของธาตุเรพรีเซนเททีฟ โดยเข้าใจว่าต้องอ่านเช่นเดียวกับโลหะกลุ่ม ทรานซิชัน และ 7) นักเรียนไม่เปลี่ยนเสียงลงท้ายพยางค์เป็น –ide

ครูจึงเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยนักเรียนให้เกิดความเข้าใจมโนมติทาวิทยาศาสตร์ โดยในการจัดการเรียนรู้ จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาที่สำรวจมโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน และพยายามปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนให้เป็นมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนต่าง ๆ มากมาย เช่น การใช้แบบจำลองความคิด (ณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง, 2554) การจัดการเรียนรู้ T5 กระดาษ (สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) การต่อเลโก้เพื่อหาสูตรสารประกอบไอออนิก (อัจฉรีรัตน์ ศิริ, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2558) การใช้ดินสอสร้างโมเดล 3 มิติแสดงรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (ศศินี อังกานนท์, 2557) การใช้โมเดลโฟม และเข็มหมุดจำลองโมเลกุลเพื่ออธิบายการผลักระหว่างอิเล็กตรอน การใช้สื่อไอทีเพื่ออธิบายแบบจำลอง หรือสัญลักษณ์ในรูปแบบ 3 มิติซึ่งสามารถมองแบบจำลองผ่านแอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟน (smartphone) ระบบแอนดรอยด์ (android) เช่น การใช้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี (ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ, 2557) การใช้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้อธิบายเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (ไชยา พรมโส, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2558) การใช้สื่อประสม และแอปพลิเคชันตารางธาตุ ในเรื่องตารางธาตุ (นุชจิรา แดงวันสี, สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2559) จะเห็นได้ว่าสื่อเหล่านั้นช่วยแก้ปัญหาด้านการจินตนาการของผู้เรียนทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น แก้ปัญหามโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ดี และยังทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นอยากรู้อยากเห็นในเนื้อหาที่เรียน ทำให้วิชาเคมีมีความน่าสนใจมากขึ้น แต่ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการ

ใช้สื่อเหล่านี้ในการแก้ปัญหาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงนำสื่อแอปพลิเคชัน (application) ในมือถือชื่อ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก ของบริษัท DAQRI เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยทางการศึกษาเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก และแบบจำลองสารประกอบไอออนิกมีวัตถุประสงค์ทั้งหมด 3 ข้อ ดังนี้

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

1.2.2 เพื่อศึกษาร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

1.2.3 เพื่อศึกษาร้อยละความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

งานวิจัยทางการศึกษาเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก มีสมมติฐานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทั้งหมด 3 ข้อ ดังนี้

1.3.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อเรียนด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

1.3.2 นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้น เมื่อเรียนด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

1.3.3 นักเรียนมีร้อยละความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์สูงขึ้น และมีร้อยละความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ไม่เข้าใจ และไม่อธิบายลดลง เมื่อเรียนด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนหนองถ่มวิทยา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียนทั้งหมด 10 คน ที่เรียนวิชาเคมี เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 นักเรียนได้รับองค์ความรู้และวิธีการเรียนรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันได้

1.5.2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงขึ้น

1.5.3 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ขึ้น

1.5.4 นักเรียนได้ฝึกกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ประสบผลสำเร็จ และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

1.5.5 ครูได้แนวทางในการพัฒนาวิธีการสอนวิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D elements สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 มโนมติวิทยาศาสตร์
2.2 มโนมติที่คลาดเคลื่อนและมโนมติที่ผิด
2.3 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับไอออนิก
2.4 สาเหตุที่ทำให้มโนมติคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมี
2.5 การสร้างมโนมติ
2.6 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มโนมติวิทยาศาสตร์

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525) ให้ความหมายของมโนมติวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2534) กล่าวว่า มโนมติวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเกิดจากความรู้และประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งนั้น แต่ละบุคคลย่อมมีมโนมติเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความรู้ ประสบการณ์ และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ (2558) กล่าวว่า มโนมติวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่จะสรุปลักษณะสำคัญๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้ประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความที่มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน

วีรนุช อุดมคำ (2558) กล่าวว่า มโนมติวิทยาศาสตร์เป็นการรวบรวมข้อสรุปบนพื้นฐานของเหตุและผล ซึ่งอาศัยข้อเท็จจริงและหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของมโนมติวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า มโนมติวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดรวบยอดที่อธิบายถึงลักษณะของสิ่งของ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จากความรู้และประสบการณ์ของแต่ละบุคคล บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์

2.2 มโนมติที่คลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิด

มโนมติที่คลาดเคลื่อน หรือภาษาอังกฤษใช้คำว่า Misconception หรือคำอื่น ๆ ที่มีความหมายคล้ายกัน เช่น Alternative frameworks Preconception Naïve theory Alternative conception Erroneous ได้มีนักวิชาการศึกษาให้ความหมายของคำว่ามโนมติคลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิดไว้หลายท่าน

ไชยา พรมโส, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2558) กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ถูกต้อง ต่างจากการยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งมีพื้นฐานมาจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ (2558) กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดความเข้าใจของนักเรียนที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์จากผู้ที่รอบรู้เชี่ยวชาญ ส่วนมโนมติที่ผิด เป็นมโนมติที่ไม่ตรงกับมโนมติ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ และเป็นมโนมติที่ยากจะแก้ไขและเปลี่ยนแปลง

วีรนุช อุดมคำ (2558) กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึงความคิดหรือความเข้าใจที่มีความรู้พื้นฐานมาจากประสบการณ์เดิมที่แตกต่างไปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิงหรือแตกต่างเพียงบางส่วน และให้ความหมายของมโนมติที่ผิด หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดที่ฝังแน่น ยากที่จะเปลี่ยนแปลงและแก้ไขให้ถูกต้อง

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ว่า ความคิดรวบยอดที่อธิบายถึงลักษณะของสิ่งของ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จากความรู้และประสบการณ์ของแต่ละบุคคล บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีบางส่วนแตกต่างจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ และมโนมติที่ผิดหมายถึงความคิดรวบยอดที่อธิบายถึงลักษณะของสิ่งของ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จากความรู้และประสบการณ์ของแต่ละบุคคล บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่แตกต่างจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง และยากที่จะเปลี่ยนแปลง แก้ไขให้ถูกต้อง

2.3 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวพันธะไอออนิก

ตารางที่ 2.1 มโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

หัวข้อ	ความคลาดเคลื่อน	ตัวอย่าง
การเกิดพันธะไอออนิก	นักเรียนบอกจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างโลหะและอโลหะไม่ถูกต้อง	การเกิดสารประกอบ Na_2O Na 2 อะตอมให้อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน ส่วน O 1 อะตอมรับอิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน เกิดการให้และรับอิเล็กตรอน 2 คู่
	นักเรียนเข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุโลหะกับอโลหะ	- $CaCl_2$ เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของ Ca กับ Cl - O ต้องการรับ 2 อิเล็กตรอน ส่วน K ต้องการอีก 7 อิเล็กตรอน จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้ครบตามกฎออกเตต
	นักเรียนอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกไม่ถูกต้อง เนื่องจากเข้าใจความหมายของเวเลนต์อิเล็กตรอนผิด	- K อยู่หมู่ 1 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ +1 ส่วน O อยู่หมู่ 6 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ -2 จึงเพิ่ม K 1 อะตอมเพื่อที่ O จะได้ครบ 8 - O มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 ส่วน K มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 จึงเกิดการให้และรับอิเล็กตรอน
การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	นักเรียนจำสัญลักษณ์ของธาตุทรานซิชันไม่ได้ จึงทำให้เขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง	Iron(III)nitrate เขียนสูตรเป็น $Ir(NO_3)_3$, $I(NO_3)_3$, $F(NO_3)_3$

ตารางที่ 2.1 มโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก (ต่อ)

หัวข้อ	ความคลาดเคลื่อน	ตัวอย่าง
การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	นักเรียนไม่พิจารณาเลขประจุของธาตุทรานซิชัน	Iron(III)nitrate เขียนสูตรเป็น $FeNO_3$ โดย นักเรียนจำเลขประจุของ nitrate ได้ มีค่าเท่ากับ -1 จึงแทนประจุของ Fe เท่ากับ +1 เพราะจะทำให้สารประกอบเป็นกลางทางไฟฟ้า
การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	นักเรียนอ่านประจุของธาตุเรพรีเซนเททีฟ โดยเข้าใจว่าต้องอ่านเช่นเดียวกับโลหะกลุ่มทรานซิชัน	$MgBr_2$ อ่านว่า แมกนีเซียม (II) โบรไมด์ CaS อ่านว่า แคลเซียม (II) ซัลไฟด์
	นักเรียนไม่เปลี่ยนเสียงลงท้ายพยางค์เป็น –ide	CaS อ่านว่า แคลเซียมซัลเฟอร์

ที่มา: อัจฉรีรัตน์ ศิริ, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2558)

2.4 สาเหตุที่ทำให้มโนมติคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมี

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ได้กล่าวถึงมโนมติคลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาเคมีอาจเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

(1) ภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันในบริบทของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากวิชาเคมีเปรียบเหมือนอีกภาษาหนึ่งที่นักเรียนต้องเรียนรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากภาษาที่ตนเองใช้ในชีวิตประจำวัน มีคำศัพท์มากมายที่นักวิทยาศาสตร์ และนักเคมีใช้แต่นักเรียนไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจคำศัพท์นั้น

(2) นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน

(3) การประยุกต์โดยอาศัยความจำ

(4) การทับซ้อนของมโนมติที่คล้ายกัน

(5) การประยุกต์ใช้มโนมติที่ไม่เหมาะสมกับบริบท

(6) การใช้นิยาม โมเดล และทฤษฎีโดยไม่คำนึงถึงข้อจำกัดของนิยาม โมเดลและทฤษฎีนั้น ๆ

(7) นักเรียนไม่สามารถนึกภาพในระดับจุลภาค เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นได้ จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติคลาดเคลื่อน

(8) มโนมติในหนังสือเรียนไม่ตรงกับมโนมติที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

2.5 การสร้างมโนมติ

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525) มีความเห็นว่าการสร้างมโนมติมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเพราะการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากการสัมผัสรับรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นเบื้องแรก และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่มีลักษณะร่วมกัน มีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นหลายๆครั้ง นักเรียนก็สามารถนำมาสรุปรวมกันเป็นมโนมติ เมื่อนักเรียนรู้มากยิ่งขึ้น สะสมมโนมติไว้มากขึ้น ก็จะทำให้นักเรียนสามารถนำมโนมติที่รวบรวมไว้นั้นไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนชั้นสูง และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น ในการสร้างมโนมตินั้นครูต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวนักเรียนเสียก่อน ดังนี้

(1) ความพร้อมของนักเรียน การที่นักเรียนจะเกิดมโนมติได้ดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความพร้อมของนักเรียนทั้งกาย จิตใจ และสติปัญญา

(2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียน เนื่องจากประสบการณ์ และมโนมติที่นักเรียนมีอยู่เดิมจะเป็นพื้นฐานในการที่จะทำให้เกิดมโนมติในระดับต่อไปนี้

(3) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ในการที่นักเรียนจะเกิดมโนมติ หรือสรุปรวมข้อมูลได้ดีนั้นจะต้องมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ซึ่งมีแรงกระตุ้นที่เกิดจากความต้องการในการเรียนรู้ของนักเรียนเอง หรืออาจจะเป็นแรงกระตุ้นที่มีผลเนื่องมาจากเหตุผลทางจิตวิทยาเป็นแรงกระตุ้นช่วยส่งเสริมการเกิดมโนมติของนักเรียนได้

นอกจากนี้ครูต้องอาศัยหลักการต่าง ๆ หลาย ๆ อย่างในการสร้างมโนมติให้เกิดแก่นักเรียน ได้แก่

(1) การใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียนและวุฒิภาวะของผู้เรียน

(2) การจัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน

(3) การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ

(4) การเลือกใช้วิธีการสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนและวุฒิภาวะของผู้เรียน

จะเห็นว่าทั้งวิธีการสอนของครู และตัวนักเรียนเองเป็นปัจจัยที่สำคัญในการที่จะทำให้เกิดมโนมติ การสร้างมโนมตินั้นจะเป็นกรรมวิธีที่ดำเนินไปอย่างช้า ๆ เพราะมโนมติจะค่อย ๆ ปรากฏขึ้นมาเมื่อมีการนำข้อมูลมาจัดระบบเสียใหม่

2.6 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.6.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Inquiry learning เป็นการเรียนรู้แบบเน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2546) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ถือว่าเป็นกระบวนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยการนำเสนอตัวอย่าง ข้อมูล ความคิด เหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ ที่มีหลักการ แนวคิด ที่ต้องการสอนให้แก่ผู้เรียนแฝงอยู่ มาให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ จนสามารถดึงหลักการ แนวคิดที่แฝงอยู่ออกมาเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวถึงการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ที่นำมาใช้ได้ผลในวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คุ้นเคยกับกระบวนการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ และประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) กล่าวว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม หรือเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติ ได้ลงมือทำด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใช้ในการสำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่างๆ มาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนอย่างมีขั้นตอนต่อเนื่องกัน มีการประเมินผลในแต่ละขั้นของการเรียนรู้

วีรนุช อุดมคำ (2558) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ค้นหาคำตอบ โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะให้แก่ผู้เรียน

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ (2558) ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง จากการสังเกต ตั้งคำถาม สำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก สนับสนุน ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้

จากความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ข้างต้น สรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้ หาคำตอบ และการแก้ปัญหาโดยเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ และลงมือปฏิบัติจริง ส่วนครูเป็นผู้คอยแนะนำ ช่วยเหลือเมื่อผู้เรียนประสบปัญหา และสนับสนุนเมื่อผู้เรียนสามารถแก้ปัญหา หรือค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

2.6.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญดังนี้

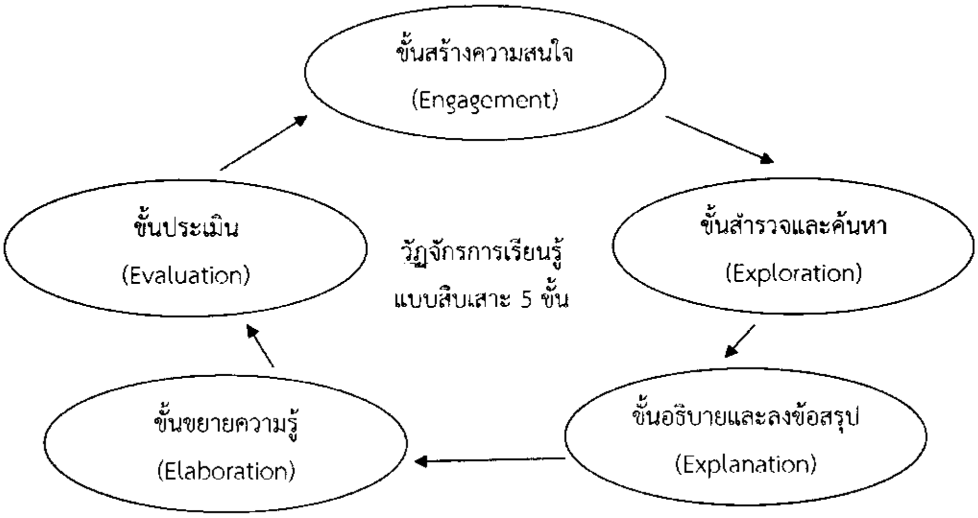
2.6.2.1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มา แล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนฝึกสร้างคำถาม ร่วมกันกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2.6.2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา เมื่อทำความเข้าใจประเด็นคำถามที่สนใจจะศึกษาแล้ววางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสาร หรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

2.6.2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างองค์ความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

2.6.2.4 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ค้นเพิ่มเติมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

2.6.2.5 ขั้นประเมิน เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ



ภาพที่ 2.1 วัฏจักรการสืบเสาะ

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546)

2.6.3 พฤติกรรมของผู้เรียนและบทบาทของครูในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ตารางที่ 2.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ พฤติกรรมของนักเรียน และบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นเริ่มต้นของกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมควรจะเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นประสบการณ์ที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้ว หรือสิ่งที่กำลังเรียนอยู่ และกิจกรรมควรมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	- ตั้งคำถาม เช่น ทำไมถึงเกิดเช่นนี้ อะไรที่ฉันรู้แล้วบ้างเกี่ยวกับเรื่องนี้ ข้อมูลอะไรที่ฉันสามารถหาเพื่อศึกษาเรื่องนี้ จะมีวิธีแก้ปัญหาเรื่องนี้อย่างไร - แสดงความสนใจในหัวข้อที่จะศึกษา	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้ อยากเห็น - ตั้งคำถามหรือปัญหา - ตรวจสอบหรือหาความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดหรือหัวข้อที่กำลังจะสอน

ตารางที่ 2.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ พฤติกรรมของนักเรียน และบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้รับประสบการณ์เพื่อหาและพัฒนาแนวคิด กระบวนการ และทักษะ	- คิดอย่างสร้างสรรค์ภายใต้กิจกรรมที่กำหนด - ทดสอบการทำนายและสมมติฐาน - ตั้งการทำนายและสมมติฐานใหม่ - หาวิธีการแก้ปัญหาและอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการนั้นกับเพื่อนร่วมชั้น - บันทึกสิ่งที่สังเกตได้ - ตรวจสอบแนวคิดของตนเอง	- สนับสนุนให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม - ถามคำถามและฟังขณะนักเรียนทำงาน - ถามคำถามเพื่อชี้ประเด็นให้นักเรียนรู้ทิศทางว่าเขากำลังตรวจสอบอะไร - ให้เวลากับนักเรียนในการสำรวจตรวจสอบ - เป็นที่ปรึกษา
ขั้นอธิบาย เป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียนพิจารณาประเด็นต่าง ๆ และเปิดโอกาสให้แสดงความเข้าใจ กระบวนการ หรือทักษะของตน ในขั้นนี้ครูสามารถนำเสนอแนวคิด กระบวนการหรือทักษะของนักวิทยาศาสตร์	- อธิบายคำตอบที่เป็นไปได้แก่เพื่อนร่วมชั้น - ฟังการอธิบายของเพื่อนในกลุ่ม - ฟังการอธิบายของเพื่อนกลุ่ม อื่นอย่างพินิจพิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับการอธิบายของผู้อื่น - ฟังและพยายามทำความเข้าใจการอธิบายจากครู - เชื่อมโยงกับกิจกรรมที่ผ่านมา - ใช้ข้อมูลที่บันทึกจากการสังเกตในการอธิบาย	- สนับสนุนให้นักเรียนอธิบายแนวคิดและนิยามตามความเข้าใจของนักเรียนเอง - ถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนแสดงหลักฐานและสร้างความกระจ่างกับสิ่งที่สำรวจหรือค้นหา - เตรียมคำนิยาม คำอธิบายและศัพท์ใหม่ - ใช้ประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการอธิบายแนวคิด

ตารางที่ 2.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ พฤติกรรมของนักเรียน และบทบาทของครูในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นท้าทาย และขยายความเข้าใจของนักเรียนได้ฝึกฝนทักษะเพิ่มเติม การเรียนรู้แบบร่วมมือจะในขั้นนี้ด้วย นักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจที่ลึกและกว้างขึ้นจากประสบการณ์ใหม่	- การประยุกต์หรือขยายแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะของตนเอง - นำความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ - ร่วมอภิปรายเป็นกลุ่ม - แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่น - รับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนร่วมชั้น - เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่	- กระตุ้นนักเรียนให้แสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนความคิดของตนเองกับเพื่อนร่วมชั้น - ให้ข้อมูลป้อนกลับ - จัดเตรียมประสบการณ์หรือสถานการณ์หรือปัญหาใหม่
ขั้นประเมิน ขั้นประเมินเป็นขั้นสนับสนุนให้นักเรียนได้ประเมินความเข้าใจและความสามารถของตนเอง ครูได้มีโอกาสประเมินนักเรียนว่าเป็นไปตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือไม่อย่างไร	- ประเมินการพัฒนาความเข้าใจของตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้างและเรียนรู้อย่างไร - เปรียบเทียบความรู้เดิมและแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติม - ทำแบบวัดและประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง	- กระตุ้นให้นักเรียนประเมินความเข้าใจของตนเอง - วัดและประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน - ใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบการเรียนรู้ของนักเรียน

ที่มา: ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551: 39-42)

2.6.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้สรุปข้อดีของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

(1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

(2) นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและการกระทำ วิธีการจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

(3) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

(4) นักเรียนสามารถรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

(5) นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีดังนี้

(1) ใช้เวลานานในการสอนแต่ละครั้ง

(2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่น่าสงสัย แปลกใจจะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

(3) หากนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

(4) นักเรียนบางคนที่ไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้น เพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

(5) ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับมโนมติวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีพบว่า มโนมติวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีส่วนมากจะเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี และยังเป็นเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ส่งผลให้การสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ยาก และนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน หรือผิดจากความเป็นจริงของวิทยาศาสตร์ (ศิริธร อ่างแก้ว, อริสรา อิสละรีย์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2559)

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554) กล่าวว่ามโนมติวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีจะมีความเกี่ยวเนื่องกัน คือมโนมติวิทยาศาสตร์เดิมที่ผู้เรียนเรียนก่อนจะเป็นพื้นฐานของมโนมติวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนในครั้งถัดไป หากนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน นักเรียนจะไม่สามารถสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ เบญจวรรณ์ จุลดาลัย และจารุณี ชามาตย์ (2558) กล่าวว่าความเข้าใจมโนมติของผู้เรียนที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นก่อนเรียน หรือระหว่างเรียนรู้ ซึ่งมีผลทำให้ผู้เรียนสอบไม่ผ่าน หรือสอบผ่านแต่ได้คะแนนไม่สูง ทำให้หมดกำลังใจที่จะเรียนรู้ และมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิชาที่เรียน และเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ หรือทำความเข้าใจมโนมติที่สูงขึ้น

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อไอที

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน เพื่อความสมบูรณ์ในเนื้อหา หรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผู้เรียน นอกจากนี้สื่อที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยียังช่วยสร้างแรงจูงใจ และความแปลกใหม่ในการเรียนให้แก่ผู้เรียนด้วย โดยเฉพาะในรายวิชาเคมี ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จึงเป็นเรื่องยากต่อการทำความเข้าใจ เพราะนักเรียนไม่สามารถจินตนาการได้ จึงมีผู้วิจัยหลายท่านได้พัฒนาสื่อเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เช่น Maier Patrick Marcus Tönnis and Gudron Klinker (2009) ออกแบบและสร้าง Augmented Chemical Reactions เป็นโปรแกรมสร้างภาพโมเลกุลของสารเคมี โดยแสดงลักษณะโมเลกุลของสาร และเมื่อนำแต่ละโมเลกุลมาใกล้กัน สามารถแสดงปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลโดยเห็นการเชื่อมต่อพันธะระหว่างโมเลกุลได้ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ (Augmented Reality)

ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ (2557) ได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอม และพันธะเคมี ด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ (Augmented Reality) ซึ่งเป็นการจำลองโมเดลลักษณะโครงสร้างของอะตอม และพันธะเคมีในรูปแบบแอนิเมชั่น 3 มิติ ที่สามารถใช้งานได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และแท็บเล็ตที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการพัฒนาและทดสอบระบบด้วยการวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหา (ค่า IOC) และศึกษาความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และนักศึกษาจำนวน 60 คนของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่าความสอดคล้องของเนื้อหามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 และค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมีค่าเท่ากับ 4.36 (จากคะแนนเต็ม 5) สรุปได้ว่าคุณภาพโดยรวมของสื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับดี ช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหารายวิชาเคมีได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วกว่าการเรียนแบบเดิมที่เป็นภาพ 2 มิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Wojciechowski and Cellary (2016) ประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนรู้โดย ARIES augmented reality environments สำหรับการทดลองเชิงประจักษ์ได้มีการพัฒนาวิชาเคมี สำหรับ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนโดยใช้ augmented reality environments เนื่องจากนักเรียนได้รับทั้งความรู้และความเพลิดเพลิน

ไชยา พรมโส, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2558) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนและมโนมติเรื่องรูปร่างโมเลกุล และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคโนโลยี ออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ (Augmented Reality, AR) ผลการวิจัยพบว่าจำนวนนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปถึงระดับสูงเท่ากับร้อยละ 90.90 ระหว่างเรียนนักเรียนสามารถเขียนรูปร่างโมเลกุลจากเออาร์ได้ถูกต้อง

นุชจิรา แดงวันสี, สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2559) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของนักเรียน เรื่องตารางธาตุโดยใช้การจัดการเรีนรู้แบบร่วมมือกับสื่อประสม (แฟลชการ์ดเคมี หนังสือสามมิติ ใบความรู้ เกม และแอปพลิเคชันตารางธาตุในกูเกิลเพลย์สโตร์บนระบบแอนดรอยด์ในมือถือ) ผลการวิจัยพบว่าความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งหมดอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 96 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คือ 0.55 แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยสูง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบอัตนัยก็สูงด้วย

2.7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

ซารีมีะ ยามู (2558) สำรวจความเข้าใจเชิงมโนมติ เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคกลุ่มแข่งขันในขั้นขยายความรู้ พบว่าคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนมโนมติหลังเรียนไม่แตกต่างกับคะแนนความคงทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการในการเรียน

ณัฐริกา ผายเมืองฮุง (2558) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องโมล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคกลุ่มแข่งขันในขั้นประเมินผล พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 73.33 มีคะแนนมโนมติหลังเรียน (ค่าเฉลี่ย = 64.42) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ย = 23.78) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีมโนมติหลังเรียนถูกต้องเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 74.42

2.7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธะไอออนิก

ทิฆัมพร โตสำลี (2553) ศึกษาความรู้ความเข้าใจเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ที่เรียนรู้โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจแบบเลือกตอบพร้อมให้เหตุผลประกอบ จำนวน 30 ข้อ โดยครอบคลุม 15 เนื้อหาย่อยในเรื่องพันธะเคมี วิเคราะห์ข้อมูลโดยตรวจคำตอบนักเรียนในแต่ละข้อคำถาม แล้วนำข้อมูลมาจัดกลุ่มความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา 4 ระดับ ได้แก่ แนวคิดวิทยาศาสตร์

แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน แนวคิดคลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ จากนั้นคำนวณหาค่าความถี่ของนักเรียนในแต่ละระดับ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60) มีความรู้ความเข้าในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีความเข้าใจมากที่สุดคือ เรื่องการเกิดพันธะโลหะ และสมบัติของโลหะ (27 คน) รองลงมาคือเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (24 คน) และพบว่ายังมีนักเรียนที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของโครงสร้างสารประกอบไอออนิก และสมบัติของสารประกอบไอออนิก ซึ่งสอดคล้องกับ อัจฉรีรัตน์ ศิริ, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2558) ศึกษาผลการใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ต่อมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะเคมี และความสามารถในการเข้าใจความรู้ในชีวิตประจำวัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบวัดมโนมติแบบปรนัย ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น แผนการจัดการเรียนรู้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ และสื่อการเรียนรู้ได้แก่ บัตรแสดงพันธะ ชุดทดสอบการนำไฟฟ้า โมเดลโฟม และโมเดลลูกปิงปอง ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยมโนมติที่ถูกต้องและความก้าวหน้ามากที่สุด คือการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ มโนมติที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือสมบัติของสารประกอบไอออนิก และ Ruddick and Abby (2012) ใช้กิจกรรมการเชื่อมต่อบล็อกในการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก เป็นกิจกรรมที่นักเรียนใช้ชุดสร้างของเล่นที่เชื่อมต่อกัน (Lego) เพื่อเป็นตัวแทนของสูตรไอออนิก นักเรียนได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างไอออนบวกและไอออนลบในการเกิดสารประกอบ จากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ใช้กิจกรรมตัวต่อ Lego มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้กิจกรรมตัวต่อ Lego อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากนักเรียนเกิดความสนุกสนานระหว่างทำกิจกรรม แต่นักเรียนอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากสารประกอบไอออนิกเป็นลักษณะของโครงผลึกร่างตาข่ายที่มีการต่อของไอออนบวกและไอออนลบอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ควรมีการพูดคุยกับนักเรียนหลังทำกิจกรรม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 แบบแผนการวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การสร้างเครื่องมือ

3.5 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แบบแผนการวิจัย

รูปแบบงานวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบก่อนและหลังเรียน (One group pretest posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

O_1 --------------- X --------------- O_2

ภาพที่ 3.1 รูปแบบงานวิจัย

โดย O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

O_2 คือ การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

X คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนหนองถ่มวิทยา 1 ห้องจำนวน 10 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนหนองถ่มวิทยา 1 ห้องจำนวน 10 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากร

3.2.3 สถานที่ และระยะเวลาในการทำวิจัย สถานที่โรงเรียนหนองถ่มวิทยา อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ใช้เวลา 9 ชั่วโมง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนววัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก จำนวน 6 แผน ใช้เวลา 9 ชั่วโมง มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอน และจำนวนชั่วโมง ทั้งหมด 6 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	สื่อการสอน	ชั่วโมง
1	ศึกษาองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ	4D Elements	1
2	กฎออกเตตกับการเกิดไอออน	แบบจำลองสารประกอบไอออนิก	2
3	การเกิดพันธะไอออนิก	แบบจำลองสารประกอบไอออนิก	1
4	การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	4D Elements	2
5	การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	4D Elements	1
6	สารประกอบไอออนิกในชีวิตประจำวัน	แบบจำลองสารประกอบไอออนิก, 4D Elements	2

3.3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ใน 1 ข้อ ประกอบด้วยส่วนแรกเป็นข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลที่ตอบในส่วนแรก ซึ่งครอบคลุมแนวคิดย่อยเรื่อง การเขียนสูตรและ

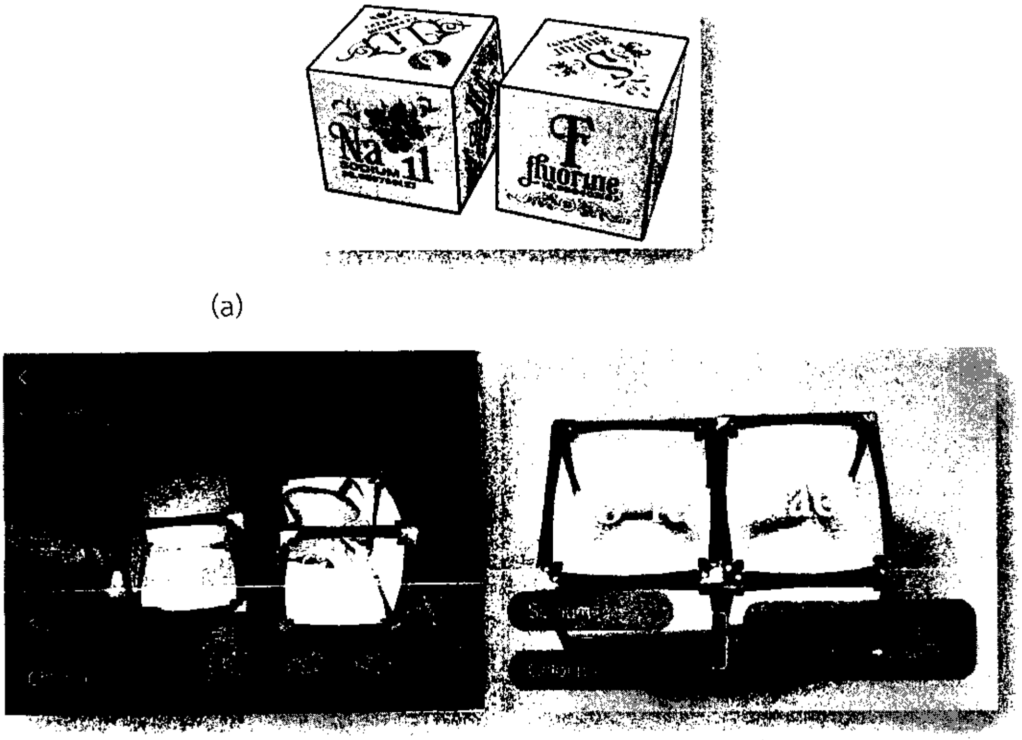
การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ได้แก่ 1) อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก 2) การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก และ 3) การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกรวมข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ

6. บทบาทของเกลือแร่โพแทสเซียมในรูปแบบของยาโพแทสเซียม คลอไรด์ (Potassium chloride) มักจะใช้เป็นการชดเชยเกลือแร่โพแทสเซียมให้กับร่างกาย หรือให้กับผู้ป่วยที่เกิดภาวะเกลือแร่โพแทสเซียมในร่างกายต่ำ (Hypokalemia) ด้วยเหตุจากโรคต่างๆ เช่น ท้องเสียหรือจากการอาเจียน จงเขียนสูตรทางเคมีของโพแทสเซียม คลอไรด์ (Potassium chloride) ก. PCl_3 ข. PCl ค. KCl ง. FCl เพราะ Potassium (K) อยู่หมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น Potassium ion จึงเขียนได้เป็น K^+ และ Chlorine (Cl) อยู่หมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น Chlorine ion จึงเขียนได้เป็น Cl^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น K^+Cl^- ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น KCl

ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

3.3.3 สื่อการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

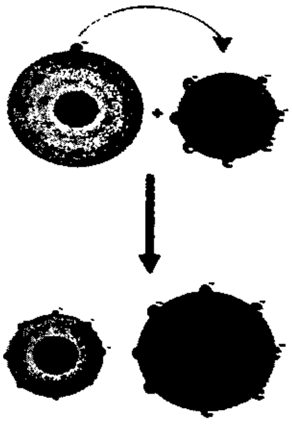
3.3.3.1 แอปพลิเคชัน ชื่อ 4D Elements จดทะเบียนเครื่องหมายการค้าในนามของบริษัท DAQRI โดย download กล่อง 4D Elements และแอพพลิเคชั่นได้ที่เว็บไซต์ http://elements4d.daqri.com หรือ gg.gg/chem4d แล้วให้นักเรียนประกอบกล่องจากแบบที่ดาวน์โหลดมา (ภาพที่ 1a) และส่อง กล่อง หลังจากกดปุ่ม start ใน application ถ้าส่อง 1 กล่อง จะทำให้นักเรียนได้ข้อมูลสถานะและสีของธาตุ (ภาพที่ 1b) ถ้าส่อง 2 กล่องพร้อมกันหรือนำ 2 กล่องมาติดกันจะได้ข้อมูลสีและสถานะของสารประกอบ (ภาพที่ 1c) กล่องลูกบาศก์ที่ดาวน์โหลดมาใช้ได้ฟรีมีทั้งหมด 6 กล่อง ๆ ละ 6 หน้า ทั้งหมดมี 36 ธาตุ



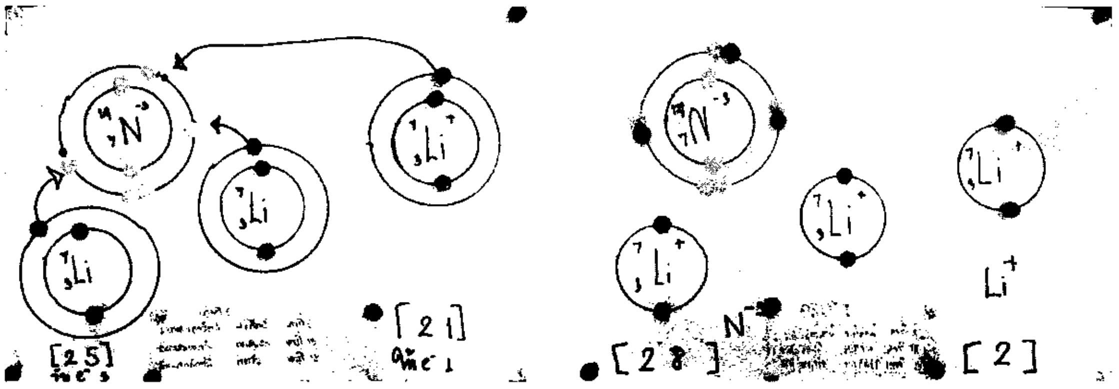
(a) (b) (c)

ภาพที่ 3.3 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก (a) กล่อง (b) เมื่อส่องผ่าน application ทีละกล่อง (c) เมื่อนำกล่อง 2 กล่องมาติดกันแล้วส่องผ่าน application

3.3.3.2 แบบจำลองสารประกอบไอออนิก พัฒนาจากการเขียนแผนภาพการเกิดสารประกอบไอออนิกในหนังสือเรียน (ภาพที่ 3.4) ใช้ทบทวนเรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอน ใช้อธิบายเรื่องการเกิดไอออนของธาตุ และการเกิดสารประกอบไอออนิก โดยใช้หมุดสีต่าง ๆ แทนอิเล็กตรอนของธาตุที่ต่างกัน ใช้หมุด 1 หมุดแทนอิเล็กตรอน 1 ตัว และสำหรับธาตุต่างชนิดกันจะใช้หมุดสีต่างกัน ซึ่งการเลือกใช้แผ่นโฟม จะสามารถเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงอิเล็กตรอน การเกิดไอออนของธาตุ และการเกิดสารประกอบไอออนิกได้หลากหลายรูปแบบ และการใช้แผ่นแบบจำลองสารประกอบไอออนิกจะช่วยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม ศึกษา ค้นคว้า แก้ปัญหาด้วยตนเอง และมีชิ้นงานของตัวเอง ทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจ



ภาพที่ 3.4 การเกิดสารประกอบไอออนิกในหนังสือเรียนวิชาเพิ่มเติม เคมี 1 (สสวท.) หน้า 104



ภาพที่ 3.5 แบบจำลองสารประกอบไอออนิกอธิบายการเกิดสารประกอบไอออนิกของนักเรียน

3.4 การสร้างเครื่องมือ

3.4.1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนววัฏจักรการเรียนรู้สืบเสาะ 5 ขั้น โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.4.1.1 ศึกษาเอกสารจากตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้สืบเสาะ 5 ขั้น และมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

3.4.1.2 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของวัฏจักรการเรียนรู้สืบเสาะ 5 ขั้น ในการจัดกิจกรรมตามตารางที่ 3.1

3.4.1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และพิจารณาให้ข้อคิดเห็นแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.4.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วไปให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

3.4.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว (ภาคผนวก ข) ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้

3.4.2 การสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น

แบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ในวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียนชื่อสารประกอบไอออนิก ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.4.2.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และคู่มือการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เพื่อรวบรวมเนื้อหา และมโนมติที่นักเรียนต้องศึกษา เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

3.4.2.2 ศึกษาทฤษฎี วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น จากเอกสารและรายงานการวิจัยที่สำรวจมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยข้อคำถามได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาตามหลักสูตรในวิชาเคมี ส่วนตัวเลือกได้มาจากแนวคำตอบที่นักเรียนทำแบบซึ่งมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน เพื่อนำมาเป็นตัวลวง และนำมาใช้เป็นแนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

3.4.2.3 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ เพื่อออกข้อสอบให้ครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้

3.4.2.4 สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 30 ข้อ (ใช้จริง 20 ข้อ) โดยใน 1 ข้อประกอบด้วยส่วนแรกเป็นข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลที่ตอบในส่วนแรก

3.4.2.5 แบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ที่สร้างขึ้น นำเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ความเหมาะสมของภาษา หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์กับผลการเรียนรู้ เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 ซึ่งแสดงว่าผลการเรียนรู้นั้นวัดได้ครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน	+1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับผลการเรียนรู้
ให้คะแนน	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับผลการเรียนรู้
ให้คะแนน	-1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้

3.4.2.6 แบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนคณิต-วิทย์ ที่เคยศึกษาเรื่องการเขียนสูตรและการ

เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกมาแล้ว โรงเรียนหนองถ่มวิทยา อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 15 คน โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที

3.4.2.7 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว (ภาคผนวก ค) ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 การแจกแจงข้อสอบ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

เนื้อหา	จำนวนข้อ
1. อัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดสารประกอบไอออนิก	6
2. การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	9
3. การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	5
รวม	20

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นกลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบก่อน และหลังเรียน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

3.5.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจำนวน 20 ข้อก่อนเรียน แบบทดสอบแต่ละข้อคะแนนเต็ม 3 คะแนน โดยส่วนข้อสอบแบบเลือกตอบคะแนนเต็ม 1 คะแนน การให้เหตุผลคะแนนเต็ม 2 คะแนน

3.5.2 ครูจัดการเรียนรู้ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิกตามแผนที่ 1-6 จำนวน 9 ชั่วโมง

3.5.3 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้นหลังเรียน เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยข้อสอบเป็นชุดเดียวกับข้อสอบก่อนเรียน แต่มีการสลับตัวเลือกและข้อคำถามเพื่อลดการจำ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดความเข้า 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 20 ข้อ ในแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน โดยข้อคำถามในข้อสอบส่วนแรก เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นแบบเขียนเหตุผลอธิบายสำหรับการเลือกตอบส่วนแรก โดยดำเนินการวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากการทำกิจกรรมแล้วเปรียบเทียบค่าสถิติร้อยละของนักเรียนที่เลือกคำตอบถูก และ

การวิเคราะห์เชิงสถิติ ด้วยวิธีการทดสอบค่า t-test dependent ก่อนเรียนและหลังเรียน พิจารณาเป็น 3 กรณี ดังนี้

3.5.1.1 พิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นปรนัย

3.5.1.2 พิจารณาเฉพาะเหตุผลประกอบ

3.5.1.3 พิจารณาส่วนที่เป็นปรนัย และเหตุผลประกอบ

3.5.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน

การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน ผู้วิจัยใช้คะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกมาวิเคราะห์เชิงสถิติ ด้วยวิธี Normalized gain <g> ตามสูตรการคำนวณของ Hake, R.R (1998) ดังภาพ 3.6 เพื่อตรวจสอบพัฒนาการความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก พิจารณา 2 กรณี ดังนี้

3.5.2.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ

3.5.2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหา

$$<g> = \frac{\% posttest - \% pretest}{100 - \% pretest} \qquad (3.1)$$

3.5.3 การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นำผลการวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก มาวิเคราะห์หาระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยปรับปรุงเกณฑ์ของ Mungsing W. (1993; อ้างอิงจาก Westbrook and Marek, 1991) ซึ่งจัดการให้คะแนน เป็น 6 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์	อักษรย่อ	ตัวเลือก	คะแนน	เหตุผล	คะแนน	คะแนนรวม
ความเข้าใจที่สมบูรณ์ Complete Understanding	CU	ถูก	1	ถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญ	2	3
ความเข้าใจถูกแต่ไม่สมบูรณ์ Partial Understanding	PU	ถูก	1	ถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน	1.5	2.5
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน Partial Understanding with specific Alternative Conception	PS	ถูก ผิด	1 0	ถูกต้องแต่มีบางส่วนที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	1	2 1
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน Alternative Conception	AC	ถูก ผิด	1 0	ถูกต้องเป็นส่วนน้อย มีความคลาดเคลื่อนส่วนมาก	0.5	1.5 0.5
ไม่เข้าใจ No Understanding	NU	ถูก ผิด	1 0	ไม่ถูกต้อง	0	1 0
ไม่แสดงความคิด No Response	NR	ถูก ผิด	1 0	ไม่อธิบายเหตุผล	0	1 0

จากนั้นคำนวณหาความถี่ของคำตอบและรายงานโดยใช้ค่าร้อยละ เพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มต่าง ๆ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง การเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผลที่ได้จากการศึกษา ตามลำดับดังนี้

4.1 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.2 การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

4.3 ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

4.1 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

การวิจัยนี้ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจำนวน 20 ข้อ เป็นแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น โดยข้อคำถามในข้อสอบ ส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นแบบเขียนเหตุผลอธิบายสำหรับการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 โดยดำเนินวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากการทำกิจกรรมแล้วเปรียบเทียบค่าสถิติร้อยละของนักเรียนที่เลือกคำตอบถูก และการวิเคราะห์เชิงสถิติ ด้วยวิธีการทดสอบค่า t-test dependent ก่อนเรียนและหลังเรียน พิจารณาเป็น 3 กรณี ดังนี้

4.1.1 พิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นปรนัย

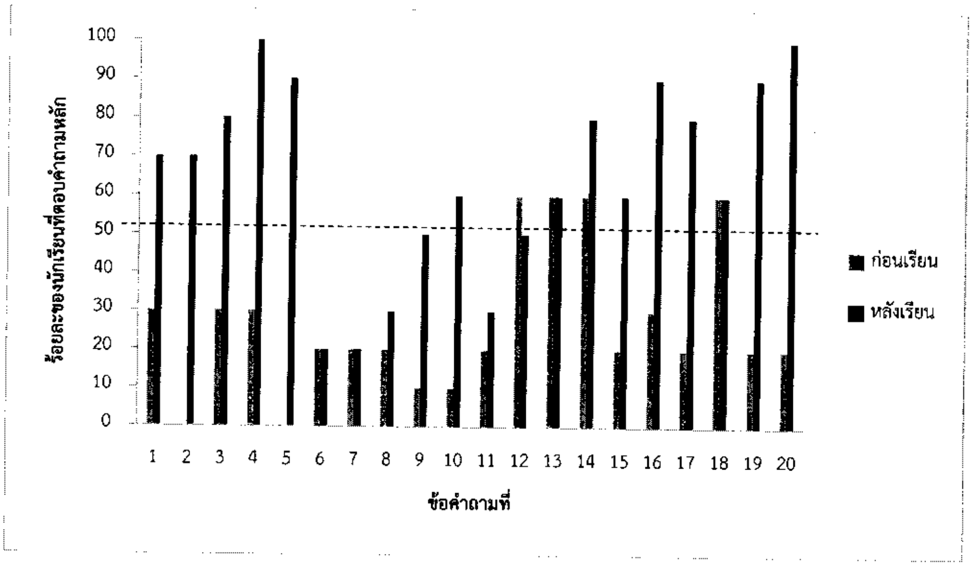
การวิเคราะห์เชิงสถิติ จากการทดสอบแบบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ด้วยวิธีการทดสอบค่า t-test dependent ข้อมูลการเปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่เลือกคำตอบในส่วนที่เป็นปรนัยถูก โดยไม่พิจารณาเหตุผลประกอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน รายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบร้อยละผู้เรียนที่เลือกคำตอบในส่วนที่เป็นปรนัยถูก โดยไม่พิจารณาเหตุผลประกอบ (n=10)

คะแนนสอบ	ร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	SD	t	Sig. (1-tailed)
ก่อนเรียน	28.00	9.19	14.35	8.05*	0.0000
หลังเรียน	64.50	19.07			

$t_{9,.05} = 1.83$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นปรนัย เปรียบเทียบ ร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 64.50 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 28.00 และการทดสอบค่า t-test dependent ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน มีค่า 8.05 ซึ่งมากกว่า $t_{9,.05} = 1.83$ แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดย ใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นความแตกต่างรายข้อได้ชัดเจนมากขึ้น พิจารณาเปรียบเทียบได้จากกราฟ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ร้อยละคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่เลือกคำตอบหลักโดยไม่พิจารณาเหตุผลประกอบ

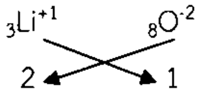
เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เลือกคำตอบส่วนที่เป็นปรนัยถูก โดยไม่พิจารณาเหตุผล คะแนนก่อนเรียน ข้อที่ 12-14 และข้อที่ 18 นักเรียนมีคะแนนค่าร้อยละมากกว่า 50 และคะแนนหลังเรียน ข้อที่ 4 และข้อที่ 20 นักเรียนมีคะแนนค่าร้อยละ 100 คะแนนหลังเรียนข้อที่ 6 และข้อที่ 7 นักเรียนมีคะแนนสอบน้อยที่สุดมีค่าร้อยละ 20.00 และข้อที่ 12 นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนคือร้อยละ 50 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนก่อนเรียนคือร้อยละ 60 รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.2 ภาพที่ 4.3 ภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.6

4. จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ Lithium Oxide (Li : O)

ตัวเลือก	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือก	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ก . 1 : 1	10	0
ข . 1 : 2	50	0
<u>ค . 2 : 1</u>	40	100
ง . 2 : 2	0	0

เพราะ $_{3}Li$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 1 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 ให้อิเล็กตรอน 1 ตัว เกิดเป็นประจุ +1

$_{8}O$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 6 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 6 รับอิเล็กตรอน 2 ตัว เกิดเป็นประจุ -2



อัตราส่วนจำนวนอะตอมของ Li : O คือ 2 : 1

ภาพที่ 4.2 ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกคำถามข้อที่ 4 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน

20. ถ้าธาตุ X , Y และ Z มีสูตรสารประกอบออกไซด์เป็น X_2O_3 , YO และ Z_2O X , Y และ Z ควรเป็นธาตุโลหะหมู่ใดตามลำดับ

ตัวเลือก	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือก	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ก. I , II , III	10	0
ข. III , II , I	20	100
ค. II , III , I	60	0
ง. III , I , II	10	0

เพราะ X_2O_3 YO Z_2O ธาตุทั้งสามทำปฏิกิริยากับ Oxygen อยู่หมู่ VIA มีประจุ -2 เนื่องจากสารประกอบใด ๆ ผลรวมของเลขออกซิเดชันจะต้องเป็นศูนย์เสมอ ดังนั้นธาตุ X Y Z จึงมีประจุดังนี้ $X_2^{+3}O_3^{-2}$ $Y^{2+}O^{-2}$ $Z_2^{+1}O^{-2}$ จะได้ว่าธาตุ X อยู่หมู่ 3 ธาตุ Y อยู่หมู่ 2 ธาตุ Z อยู่หมู่ 1

ภาพที่ 4.3 ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของคำถามข้อที่ 20 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน

จากภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกก่อนและหลังเรียนข้อคำถามที่ 4 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60) เลือกตัวเลือก ค. เมื่อนักเรียนได้รับการเรียนรู้โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนร้อยละ 100 เลือกตัวเลือก ที่ถูกต้องทั้งสองข้อคำถาม ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ข้อคำถามทั้งสองวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการการหาอัตราส่วนของธาตุที่ใช้ในการสร้างพันธะไอออนิก ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ใช้ความรู้เดิมเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอน เพื่อทราบจำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนที่ใช้ในการสร้างพันธะของธาตุ ทำให้ทราบอัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการสร้างพันธะ และสามารถเขียนสูตรสารประกอบกอบไอออนิกได้ นักเรียนจึงทำข้อสอบ 2 ข้อนี้ได้มาก

6. บทบาทของเกลือแร่โพแทสเซียมในรูปแบบของยาโพแทสเซียม คลอไรด์ (Potassium Chloride) มักจะใช้เป็นการชดเชยเกลือแร่โพแทสเซียมให้กับร่างกาย หรือให้กับผู้ป่วยที่เกิดภาวะเกลือแร่โพแทสเซียมในร่างกายต่ำ (Hypokalemia) ด้วยเหตุจากโรคต่างๆ เช่น ท้องเสียหรือจากการอาเจียน จงเขียนสูตรทางเคมีของ โพแทสเซียม คลอไรด์ (Potassium Chloride)

ตัวเลือก	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือก	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ก. PCl_3	50	70
ข. PCl	30	0
ค. KCl	20	30
ง. FCl	0	0

เพราะ Potassium (K) อยู่หมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น Potassium ion จึงเขียนได้เป็น K^+ และ Chlorine (Cl) อยู่หมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น Chlorine ion จึงเขียนได้เป็น Cl^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น K^+Cl^- ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น KCl

ภาพที่ 4.4 ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของคำถามข้อที่ 6 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน

จากภาพที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของข้อคำถามที่ 6 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทั้งก่อนเรียน (ร้อยละ 50) และหลังเรียน (ร้อยละ 70) เลือกตัวเลือก ก. ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง อาจเนื่องมาจาก ข้อคำถามนี้ต้องการวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก ซึ่งลักษณะของข้อคำถามข้อนี้คือต้องการทดสอบว่านักเรียนเข้าใจเรื่องการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก และจำชื่อ สัญลักษณ์ของธาตุได้หรือไม่ โดยสร้างตัวลวงให้มีธาตุ Phosphorus (P) และ Fluorine (F) ซึ่งออกเสียงคล้าย Potassium (K) จากการเลือกคำตอบของนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่จำชื่อและสัญลักษณ์ของธาตุไม่ได้ แต่สามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุได้ถูกต้อง และเข้าใจเรื่องการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกเป็นอย่างดีสังเกตจากการเลือกตัวเลือกหลังเรียน (ร้อยละ 70) ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า Potassium คือ P (Phosphorus) สามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนและเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกของ Phosphorus ได้ถูกต้อง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากชื่อของธาตุ Potassium และ Phosphorus ออกเสียงคล้ายกันนักเรียนจึงสับสน แสดงให้เห็นว่าตัวลวงที่ผู้วิจัยสร้างในแบบทดสอบนี้เป็นตัวลวงที่ดี ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรกิจกรรมที่สร้างความคุ้นเคยให้กับนักเรียน เกี่ยวกับสัญลักษณ์ของธาตุที่มีชื่อคล้ายๆ กัน เช่น

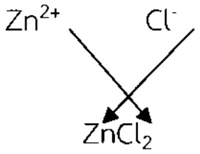
Phosphorus (P) และ Fluorine (F) ซึ่งออกเสียงคล้าย Potassium (K) Sodium (Na) ออกเสียงคล้าย Sulfur (S) หรือ Chromium (Cr) Carbon (C) Ceasium (Cs) Calcium (Ca) และ Francium (Fr) Ferrous (Fe) Fermium (Fm) เป็นต้น ก่อนเรียนเรื่องอื่น ๆ ในรายวิชาเคมี เพราะการที่นักเรียนรู้จักธาตุ และสมบัติเบื้องต้นของธาตุในตารางธาตุจะเป็นพื้นฐานสำคัญในเนื้อหาที่สูงขึ้น

7. Zinc Chloride ใช้เป็นสารป้องกันเชื้อราในอุตสาหกรรมกระดาษ และไม้อัด สูตรของสารประกอบ Zinc Chloride เป็นอย่างไร

ตัวเลือก	**ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือก**	
	ก่อนเรียน	**หลังเรียน**
ก. ZnCl	20	20
ข. $ZnCl_2$	60	60
ค. Zn_2Cl	20	20
ง. Zn_2Cl_2	0	0

เพราะ Zinc (Zn) อยู่หมู่ IIB มีประจุเป็น +2 ดังนั้น Zinc ion จึงเขียนได้เป็น Zn^{2+} และ Chlorine (Cl) อยู่หมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น Chlorine ion จึงเขียนได้เป็น Cl^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น

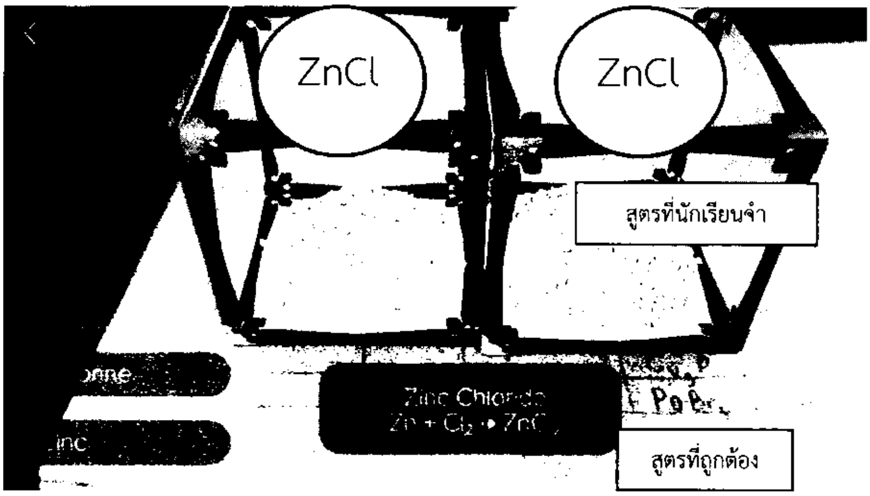
สูตรสารประกอบไอออนิก



ภาพที่ 4.5 ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของคำถามข้อที่ 7 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน

จากภาพที่ 4.5 จากการเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่เลือกคำตอบก่อนเรียน และ หลังเรียนของข้อคำถามที่ 7 พบว่าจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกก่อนเรียนและหลังเรียน มีจำนวนเท่ากันทุกตัวเลือก อาจเนื่องมาจาก ข้อคำถามนี้วัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก ซึ่งใช้ความรู้เดิมเรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอน การให้และรับอิเล็กตรอนของธาตุในการอธิบาย แต่นักเรียนตอบข้อคำถามนี้ได้น้อย เพราะนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่าธาตุ ทรานซิชันมีเลขออกซิเดชันหลายค่า การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกต้องเขียนเลขโรมันแสดงประจุของธาตุ แต่ Zn เป็นทรานซิชันที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียว คือ +2 บางครั้งจะพบว่าเรียก $ZnCl_2$ ว่า Zinc

Chloride และนักเรียนอาจเกิดความสับสนกับ 4D Element (ภาพที่ 4.6) ที่แสดง สูตรสารประกอบของ Zinc Chloride เป็น ZnCl แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของธาตุทรานซิชัน การจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรเน้นเรื่องพื้นฐาน สมบัติของธาตุทรานซิชันให้มากขึ้น



ภาพที่ 4.6 มโนมติที่คลาดเคลื่อนของ 4D Elements เกี่ยวกับสูตรสารประกอบของ Zinc Chloride

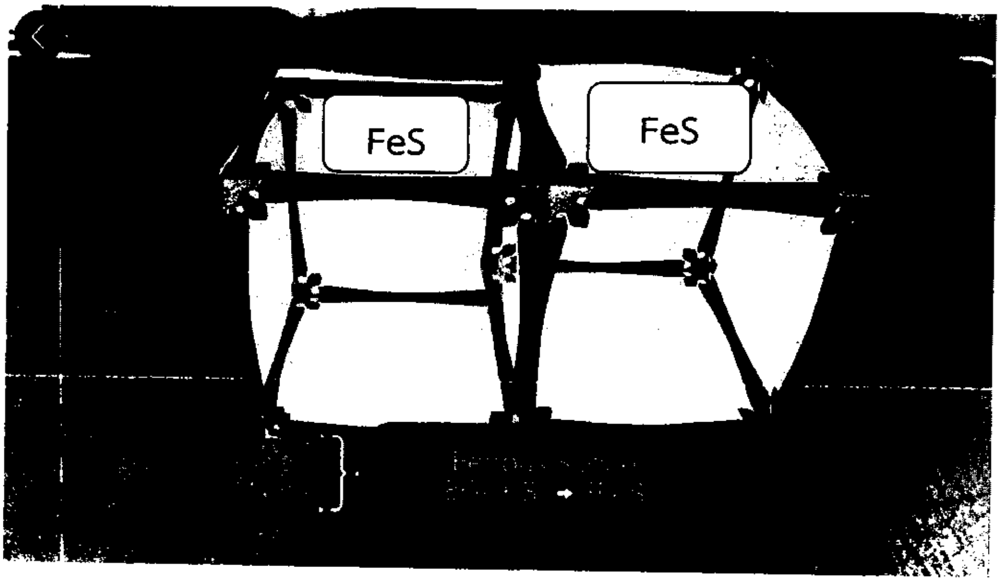
12. FeS เป็นรูปแบบของยาบำรุงโลหิตช่วยเสริมธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการอยู่เป็นประจำ สำหรับบุคคลที่มักจะได้รับคำแนะนำให้รับ ประทานธาตุเหล็กเสริมอาหาร ได้แก่ ผู้มีภาวะโลหิตจางเนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก สตรีตั้งครรภ์ และผู้บริจาคโลหิต FeS มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร

ตัวเลือก	**ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือก**	
	ก่อนเรียน	**หลังเรียน**
ก. Francium Sulfide	10	30
ข. Ferrous Sulfide	60	40
ค. Fluorine Sulfate	10	0
ง. Fermium Sulfate	20	30

เพราะ เรียกชื่อไอออนบวกก่อน Fe คือ Ferrous ตามด้วยไอออนลบ และเปลี่ยนคำลงท้ายเป็น –ide ดังนั้น S คือ Sulfide

ภาพที่ 4.7 ร้อยละจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกคำถามข้อที่ 12 จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น ก่อนเรียนและหลังเรียน

จากภาพที่ 4.7 ข้อคำถามที่ 12 เป็นข้อคำถามที่ต้องการวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ซึ่งลักษณะของข้อคำถามข้อนี้คือต้องการทดสอบว่านักเรียนเข้าใจเรื่องการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และจำชื่อ สัญลักษณ์ของธาตุได้หรือไม่ โดยสร้างตัวลวงเป็นชื่อธาตุที่ขึ้นต้นด้วย F ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวเลือกของข้อคำถามที่ 12 พบว่าก่อนเรียนซึ่งนักเรียนยังไม่รู้จักคุ้นเคยกับธาตุ ทรานซิชันมากนัก ทำให้นักเรียนร้อยละ 60 เข้าใจว่า Fe คือ Ferrous ร้อยละ 20 เข้าใจว่า Fe คือ Fermium ร้อยละ 10 เข้าใจว่า Fe คือ Fluorine และ ร้อยละ 10 เข้าใจว่า Fe คือ Francium ส่วนการเลือกตัวเลือกของข้อคำถามนี้หลังเรียนพบว่า นักเรียนร้อยละ 30 เข้าใจว่า Fe คือ Francium ร้อยละ 30 เข้าใจว่า Fe คือ Fermium มีเพียงร้อยละ 40 ที่เข้าใจว่า Fe คือ Ferrous จะเห็นว่าแม้สารประกอบจะมีใน 4D Elements แต่นักเรียนก็ทำคะแนนได้น้อย ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไป ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยทฤษฎีเชื่อมโยงความรู้ ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้สามารถเชื่อมโยงความรู้ ความคิดและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้ที่เรียนรู้ร่วมกันบนสื่อสังคมออนไลน์ จนผู้เรียน เกิดการเรียนรู้จนสามารถนำการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างกันเหล่านั้นมาพัฒนาทักษะการเรียนรู้ การทำงานเป็นกลุ่ม การสืบเสาะแสวงหาความรู้ และการสร้างความรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (กิตติพงษ์ พุ่มพวง, 2558)



ภาพที่ 4.8 สารประกอบ Ferrous Sulfide ใน 4D Elements

4.1.2 พิจารณาเฉพาะเหตุผลประกอบ

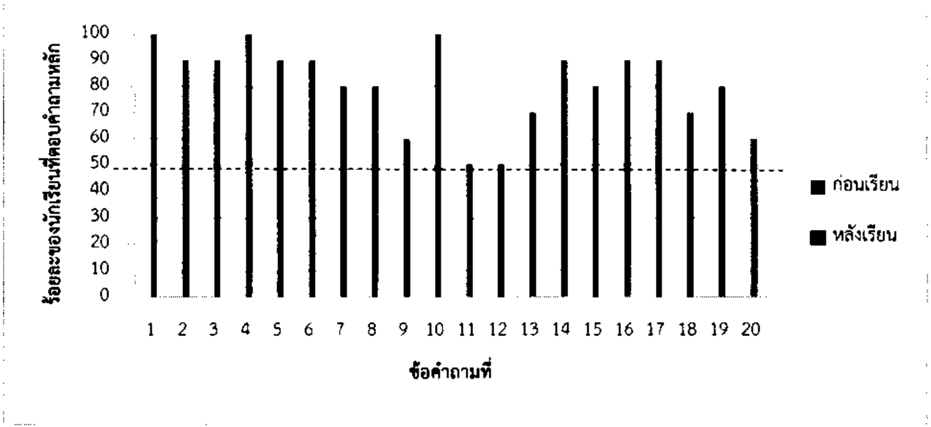
การวิเคราะห์เชิงสถิติ ด้วยวิธีการทดสอบค่า t-test dependent โดยการประเมินผลจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่อธิบายเหตุผลประกอบก่อนเรียนและหลังเรียน รายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบร้อยละผู้เรียนที่อธิบายเหตุผลประกอบ (n=10)

คะแนนสอบ	ร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	SD	t	Sig.(1-tailed)
ก่อนเรียน	0.00	0.00	17.90	11.92*	0.0000
หลังเรียน	67.50	17.90			

$t_{9,\,.05}$ = 1.83

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก เมื่อพิจารณาเฉพาะเหตุผลประกอบ เปรียบเทียบร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 67.50 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 0.00 และการทดสอบค่า t-test dependent ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกันมีค่า 11.92 ซึ่งมากกว่า $t_{9,\,.05}$ = 1.83 ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนเรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D element และแบบจำลองสารประกอบไอออนิกมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D element และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก มีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ จะเห็นความแตกต่างรายข้อได้ชัดเจนมากขึ้น พิจารณาเปรียบเทียบได้จากกราฟ ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่อธิบายเหตุผลประกอบ

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่อธิบายเหตุผลประกอบ จากข้อมูลพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่อธิบายเหตุผลในแบบทดสอบก่อนเรียน และมีนักเรียนบางส่วนที่อธิบายแต่แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่มีความเข้าใจเรื่องนี้มาก่อน ทำให้ทุกข้อคำถามมีค่าร้อยละคะแนน 0.00 ส่วนคะแนนหลังเรียนข้อที่ 1 ข้อที่ 4 และข้อที่ 10 นักเรียนมีคะแนนค่าร้อยละ 100 เนื่องจากเป็นข้อคำถามที่ต้องการวัดความเข้าใจมโนมติ เรื่องอัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกซึ่งใช้ความรู้เรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอน เพื่อทราบแนวโน้มการให้ และรับอิเล็กตรอนของธาตุ และธาตุที่ใช้ในข้อคำถามนั้นเป็นธาตุที่นักเรียนคุ้นเคย จึงสามารถทำข้อสอบทั้งสามข้อนี้ได้ดี ส่วนข้อที่ 11 และข้อที่ 12 นักเรียนมีคะแนนสอบน้อยที่สุดมีค่าร้อยละ 50.00 เนื่องจากเป็นข้อคำถามที่ต้องการวัดความเข้าใจมโนมติ เรื่องการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยนอกจากจะวัดความเข้าใจในหลักการเรียนชื่อแล้ว ผู้วิจัยยังต้องการวัดเกี่ยวกับการจำชื่อ และสัญลักษณ์ของธาตุด้วย จากการอธิบายเหตุผลของนักเรียนพบว่า นักเรียนยังมีความสับสนในชื่อและสัญลักษณ์ของธาตุที่คล้ายกัน เช่น Calcium (Ca) Caesium (Cs) Carbon (C) และ Francium (Fr) Ferrous (Fe) Fluorine (F) Fermium (Fm) เป็นต้น ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยใช้ 4D Element และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นจริง รายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ก่อนและหลังเรียน

ตัวอย่างแบบทดสอบ	ตัวอย่างเหตุผลของนักเรียน	
1. จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ Aluminium Oxide (Al : O) ก . 1 : 1 ข . 2 : 1 ค . 2 : 3 ง . 3 : 2 เพราะ...	ก่อนเรียน	ไม่ตอบคำถาม
		Al อาจต้องการอีก 3 ส่วน O ต้องการอีก2 จึงได้ตอบว่า 3 : 2
		Al ต้องการ5 O ต้องการอีก2
		Al น่าจะจำนวนอะตอมเป็น1 O น่าจะจำนวนอะตอมเป็น1 ดังนั้น Al : O = 1 : 1
	หลังเรียน	$_{13}Al$: 2 8 3 ให้e^- 3 $_{8}O$: 2 6 รับ e^- 2 Al^{3+} O^{2-} 2 : 3
4. จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ Lithium Oxide (Li : O) ก . 1 : 1 ข . 1 : 2 ค . 2 : 1 ง . 2 : 2 เพราะ...	ก่อนเรียน	ไม่ตอบคำถาม
		หมู่ห่างกัน
	หลังเรียน	$_{3}Li$: 2 1 ให้e^- 1 $_{8}O$: 2 6 รับ e^- 2 Al^{1+} O^{2-} 2 : 1
11. ปูนขาว หรือไลม์ (lime) มีสูตรทางเคมีคือ CaO มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร ก . Carbon Oxide ข . Chromium Oxide ค . Caesium Oxide ง . Calcium Oxide เพราะ...	ก่อนเรียน	ไม่ตอบคำถาม
	หลังเรียน	Ca คือ Calcium
		บางส่วนตอบว่า Ca คือ Carbon Chromium และ Caesium

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ก่อนและหลังเรียน (ต่อ)

ตัวอย่างแบบทดสอบ	ตัวอย่างเหตุผลของนักเรียน	
12. FeS เป็นรูปแบบของยาบำรุงโลหิต ช่วยเสริมธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการอยู่เป็นประจำ สำหรับบุคคลที่มักจะได้รับคำแนะนำให้รับประทานธาตุเหล็กเสริมอาหาร ได้แก่ ผู้มีภาวะโลหิตจางเนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก สตรีตั้งครรภ์ และผู้บริจาคโลหิต FeS มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร ก. Francium Sulfide ข. Ferrous Sulfide ค. Fluorine Sulfate ง. Fermium Sulfate เพราะ..	ก่อนเรียน	ไม่ตอบคำถาม
	หลังเรียน	FeS คือ Ferrous Sulfide
		บางส่วนตอบว่า FeS คือ Francium sulfide และ Fermium Sulfate

4.1.3 พิจารณาส่วนที่เป็นปรนัย และพิจารณาเหตุผลประกอบ

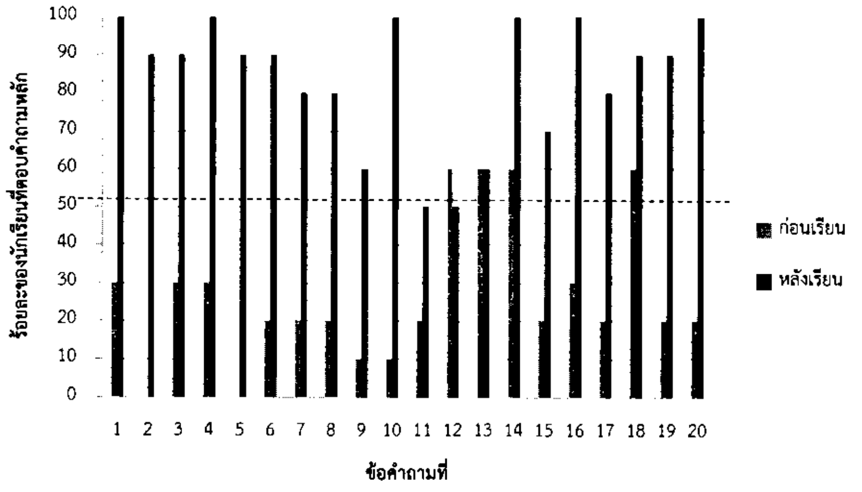
การวิเคราะห์เชิงสถิติ ด้วยวิธีการทดสอบค่า t-test dependent โดยการประเมินผลจากแบบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่เลือกคำตอบส่วนที่เป็นปรนัยถูก และพิจารณาเหตุผลประกอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน รายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบร้อยละผู้เรียนที่เลือกคำตอบส่วนที่เป็นปรนัยถูก และพิจารณาเหตุผลประกอบ (n=10)

คะแนนสอบ	ร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	SD	t	Sig.(1-tailed)
ก่อนเรียน	9.33	3.06	15.87	11.39*	0.0000
หลังเรียน	66.50	17.95			

$t_{9,.05} = 1.83$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก เมื่อพิจารณาส่วนที่เป็นปรนัยและพิจารณาเหตุผลประกอบแล้วเปรียบเทียบร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 66.50 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 9.33 และการทดสอบค่า t-test dependent ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน มีค่า 11.39 ซึ่งมากกว่า $t_{9, .05}$ = 1.83 ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนเรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D element และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Element และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก มีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้จะเห็นความแตกต่างรายข้อได้ชัดเจนมากขึ้น พิจารณาเปรียบเทียบได้จากกราฟ ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่เลือกคำตอบส่วนที่เป็นปรนัย โดยพิจารณาเหตุผลประกอบ

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบร้อยละคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เลือกคำตอบส่วนที่เป็นปรนัยถูก โดยพิจารณาเหตุผลประกอบ จากข้อมูลค่าร้อยละของนักเรียนที่เลือกคำตอบส่วนที่เป็นปรนัยถูก โดยพิจารณาเหตุผลประกอบ คะแนนก่อนเรียน ข้อที่ 12-14 และข้อที่ 18 นักเรียนมีคะแนนค่าร้อยละมากกว่า 50 และคะแนนหลังเรียนข้อที่ 1 ข้อที่ 4 ข้อที่ 10 ข้อที่ 14 ข้อที่ 16 และข้อที่ 20 นักเรียนมีคะแนนค่าร้อยละ 100 ส่วนข้อที่ 11 และข้อที่ 12 นักเรียนมีคะแนนสอบน้อยที่สุดมีค่าร้อยละ 50.00 ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้เรื่องการเขียนสูตรและ

การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Element และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก **มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นจริง**

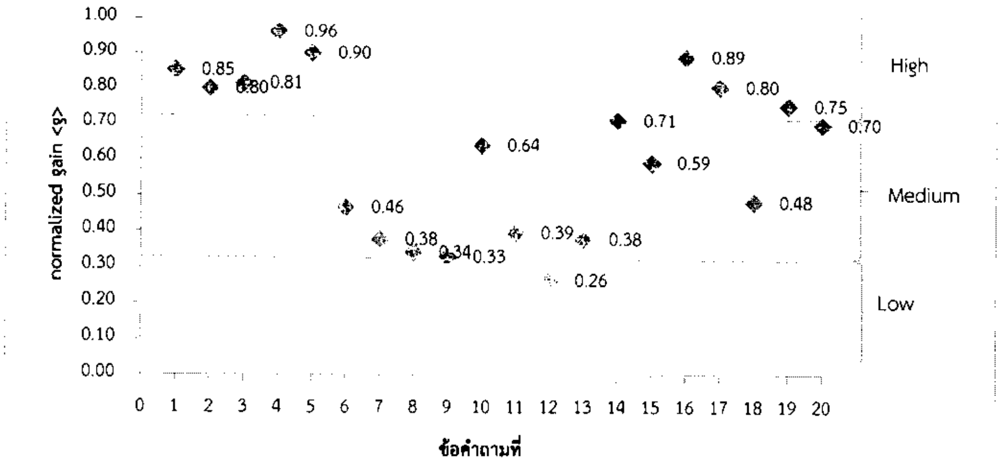
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ 4D Elements ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกมากขึ้น ด้วยเหตุผล ดังนี้ (1) เป็นสื่อการสอนที่เข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว ช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบ เพื่อสร้างองค์ความรู้ให้ตนเอง (ไชยา พรมโส, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2558) (2) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำปฏิบัติด้วยตนเองด้วยความกระตือรือร้น ทำให้เกิดประสบการณ์โดยตรง นักเรียนได้เรียนรู้จากการอ่าน การตอบโต้ การวิเคราะห์ปัญหา (3) สนับสนุนการทำงาน ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม เกิดโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น และ (4) นักเรียนได้ถ่ายทอดสิ่งที่ค้นพบให้เพื่อนฟัง หรืออภิปรายร่วมกันช่วยส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจยาวนานยิ่งขึ้น โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก แนะนำในการค้นหาคำตอบโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (นุชจิรา แดงวันสี, สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2559)

4.2 การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน ผู้วิจัยใช้คะแนนจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก มาวิเคราะห์เชิงสถิติ ด้วยวิธี Normalized gain <g> เพื่อตรวจสอบพัฒนาการความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก ปรากฏผลดังนี้

4.2.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ

ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายข้อของผู้เรียน ทดสอบด้วยแบบทดสอบความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 20 ข้อ เพื่อพิจารณาว่าคะแนนที่นักเรียนทำได้เพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดของข้อสอบ ข้อที่กำลังพิจารณาในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

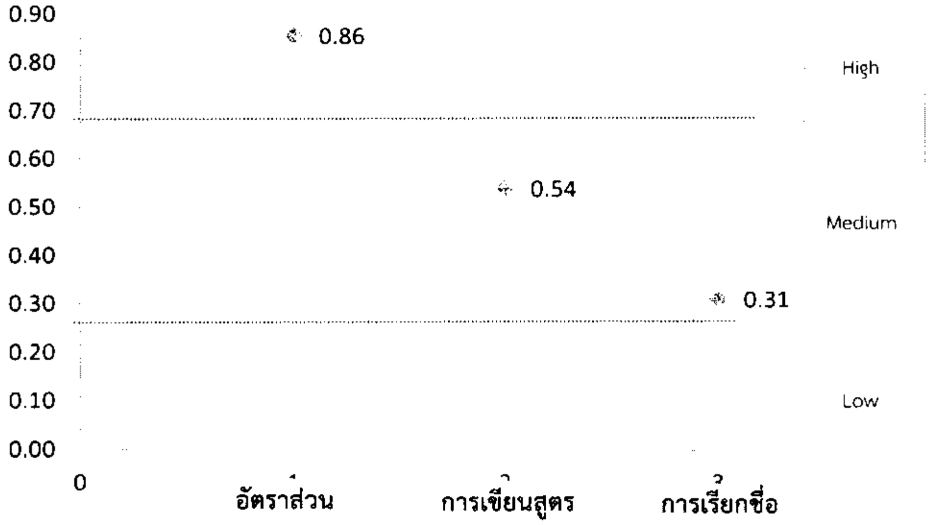
จากภาพที่ 4.11 แสดงความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายข้อของนักเรียนทั้งชั้น เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น วิเคราะห์เชิงสถิติด้วยวิธี Normalized gain <g> (มีค่าตั้งแต่ 0-1) ได้กำหนดระดับความก้าวหน้าทางการเรียนเป็น 3 ระดับคือ High gain ระดับคะแนน > 0.7-1.0 Medium gain ระดับคะแนน > 0.3-0.7 และ Low gain ระดับคะแนน 0-0.3 เนื่องจากผู้วิจัยทำการทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังจากการทำกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ร้อยละคะแนนก่อนเรียนน้อยกว่าร้อยละคะแนนหลังเรียน และเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าเฉลี่ยรายข้อพบว่านักเรียนมีคะแนนความก้าวหน้ามากที่สุดคือข้อ 4 มีค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.96 มีรายละเอียดดังภาพที่ 4.2 ส่วนแบบทดสอบที่มีคะแนนความก้าวหน้าน้อยที่สุดคือข้อที่ 12 มีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.26 รายละเอียดดังภาพ 4.7

4.2.2 คะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหา

ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายเนื้อหาของผู้เรียน ทดสอบด้วยแบบทดสอบความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 20 ข้อ เมื่อพิจารณาพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาหนึ่ง ๆ ผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 3 เนื้อหาย่อยดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การแยกข้อคำถามตามเนื้อหา

กิจกรรม	เนื้อหา	ข้อที่
แบบจำลองสารประกอบไอออนิก	อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก	1-5, 16
4D Elements	การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	6-10, 17-20
	การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	11-15



ภาพที่ 4.12 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหาหลังได้รับการเรียนรู้ด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 4.12 แสดงการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหา ของนักเรียนทั้งชั้น โดยพิจารณาแยกตามเรื่องย่อย วิเคราะห์เชิงสถิติ ด้วยวิธี Normalized gain <g> พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก เพื่อพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนพบว่าแต่ละเนื้อหา นักเรียนมีระดับคะแนนความก้าวหน้า > 0.3 อยู่ในระดับ Medium gain ขึ้นไป โดยเรื่องที่ 1 อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก สามารถพัฒนาความก้าวหน้าของผู้เรียนมากที่สุด มีคะแนนความก้าวหน้า 0.86 อยู่ในระดับ High gain ทั้งนี้อาจเนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ใช้ความรู้เรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอน เป็นพื้นฐานในการอธิบายถึงแนวโน้มการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนในการเกิดสารประกอบ ซึ่งนักเรียนมีพื้นฐานความรู้เรื่องนี้มาแล้ว นักเรียนจึงมีความสนใจในการทำกิจกรรมเป็นอย่างมาก นักเรียนมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติ คิดและการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนด โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกใน

การจัดการเรียนรู้ ส่วนเรื่องที่ 2 การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน 0.54 อยู่ในระดับ Medium gain เนื่องจากระยะเวลาที่จำกัดในการจัดกิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในเรื่องของการจำชื่อธาตุ ซึ่งเป็นศัพท์ที่นักเรียน ไม่ได้ใช้ในชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนไม่คุ้นเคย และต้องใช้ความพยายามในการจำ ควรจัดกิจกรรมเพิ่ม โดยนำสิ่งที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน ใกล้ตัวนักเรียนมาใช้ในการจัดกิจกรรมในห้องเรียนให้มากขึ้น และเรื่องที่ 3 เรื่องการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนน้อยที่สุด ระดับคะแนนความก้าวหน้า 0.31 อยู่ในระดับ Medium gain นักเรียนบางส่วนยังสับสนเกี่ยวกับการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิกกับโคเวเลนต์ โดยยังมีการระบุจำนวนอะตอมเป็นภาษากรีก และไม่ได้ระบุจำนวนไอออนของธาตุทรานซิชัน

การพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก จึงทำให้ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไชยา พรมโส, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2558) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนมติเรื่องรูปร่าง และสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ พบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้นอยู่ในระดับปานกลาง ค่า<g> เท่ากับ 0.64 จำนวนนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูงมีค่าเท่ากับร้อยละ 90.9 และยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยนุชจิรา แดงวันสี, สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2559) ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ กับสื่อประสมที่มีต่อความก้าวหน้าทางการเรียนและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เรื่องตารางธาตุสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งหมดอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 96.00

4.3 ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนโดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

เมื่อนำผลการวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก จากแบบทดสอบความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก มาวิเคราะห์หาระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยปรับปรุงเกณฑ์ของ Mungsing W. (1993; อ้างอิงจาก Westbrook and Marek, 1991) ซึ่งจัดการให้คะแนน เป็น 6 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบร้อยละความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกสื่อสารประกอบไอออนิก ก่อน และหลังเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิกแยกตามเนื้อหา (n = 10)

เนื้อหา	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)											
	CU*		PU**		PS***		AC****		NU*****		NR******	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก	-	80.00	-	-	-	13.33	-	-	20.00	6.67	80.00	-
การเขียนสูตรสารประกอบ ไอออนิก	-	38.89	-	2.22	-	33.33	-	3.33	2.22	15.56	97.78	6.67
การเรียกชื่อสารประกอบ ไอออนิก	-	48.00	-	4.00	-	6.00	-	4.00	-	38.00	100.00	-

หมายเหตุ: *CU หมายถึง ความเข้าใจที่สมบูรณ์

**PU หมายถึง ความเข้าใจถูกแต่ไม่สมบูรณ์

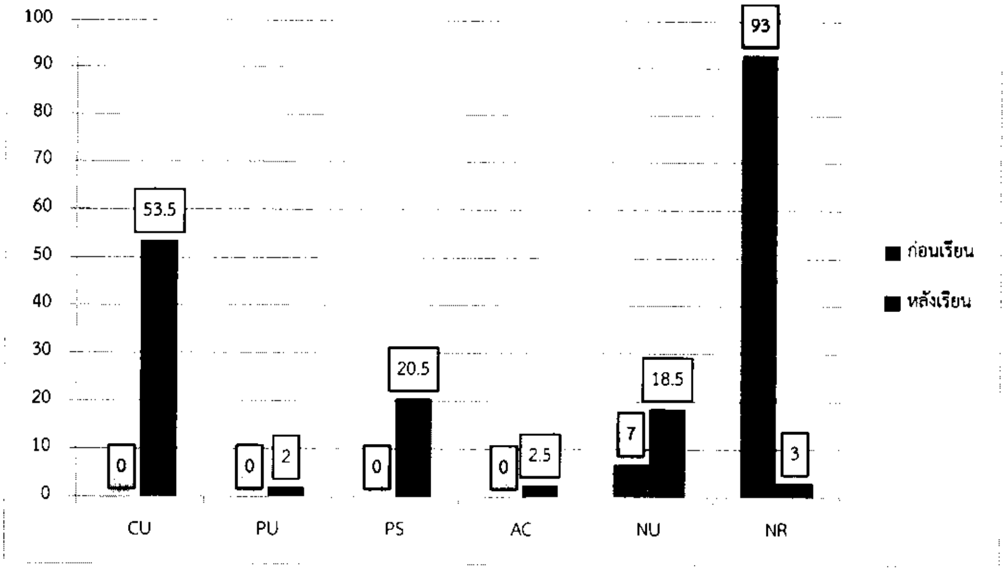
***PS หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน

****AC หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

*****NU หมายถึง ไม่เข้าใจ

******NR หมายถึง ไม่แสดงความคิด

จากตารางที่ 4.6 เมื่อวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยแบ่งเป็นสามเนื้อหาย่อย คือ 1) อัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดสารประกอบไอออนิก 2) การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก และ 3) การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนไม่มีความเข้าใจในเรื่องนี้มาก่อน เมื่อได้รับการเรียนการสอนโดยใช้ 4D Elements พบว่าเนื้อหาย่อยที่ 1 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์มากที่สุด คือร้อยละ 80.00 ลองลงมาคือเนื้อหาย่อยที่ 3 ร้อยละ 48.00 และนักเรียนมีความเข้าใจน้อยที่สุดคือเนื้อหาย่อยที่ 2 มีนักเรียนที่มีความเข้าใจสมบูรณ์ร้อยละ 38.89



ภาพที่ 4.13 ร้อยละคะแนนความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 4.13 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก หลังเรียนด้วย 4D Elements ดีขึ้น โดยมีนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มไม่อธิบายเหตุผล (NR) ลดลงจากร้อยละ 93.00 เหลืออยู่ ร้อยละ 3.00 และนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้อง สมบูรณ์เพิ่มขึ้น จากไม่มี เป็นร้อยละ 53.50 เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนการสอนได้ใช้สื่อแอปพลิเคชั่น ในกลูเกิลเพลย์สโตร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ บนโทรศัพท์มือถือ หรือแท็บเล็ตซึ่งสามารถเชื่อมโยงออนไลน์กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นักเรียนจึงสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชจิรา แดงวันสี, สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2559) และมีนักเรียนที่ไม่เข้าใจ (NU) ร้อยละ 18.50 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแนวคิดต้องอาศัยความรู้ที่มากขึ้น และนักเรียนต้องเกิดการเรียนรู้สิ่งเหล่านั้นโดยปราศจากอคติ ซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างมากในการพัฒนาแนวคิดให้ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ (อัจฉรีรัตน์ ศิริ, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2558) ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน หลังเรียนเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกด้วย 4D Elements

ลำดับ	แนวคิดที่ประเมิน	มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน	ร้อยละจำนวนนักเรียน	ภาพที่
1	อัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการสร้างพันธะไอออนิก	การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุไม่ถูกต้อง	3.33	จ.1
		จำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนไม่ถูกต้อง	5.00	จ.2
		แนวโน้มการให้และรับอิเล็กตรอน/ไอออนที่เกิดขึ้น	10.00	จ.3
		การไขว้สูตรสารประกอบไอออนิก	10.00	จ.4
2	การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	แนวโน้มการให้และรับอิเล็กตรอน/ไอออนที่เกิดขึ้นไม่ถูกต้อง	18.89	จ.5
				จ.6
		สัญลักษณ์ธาตุไม่ถูกต้อง	22.22	จ.7
3	การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	ชื่อธาตุไม่ถูกต้อง	18.00	จ.8
		ไม่ระบุไอออนของธาตุทรานซิชัน	10.00	จ.9
		ระบุจำนวนอะตอมเป็นภาษากรีก	10.00	จ.10

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบก่อน และหลังเรียน (one group pretest posttest design) เพื่อพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยสรุปผลตามลำดับดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยขอสรุปผลดังนี้

5.1.1 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน

เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเฉพาะคำตอบหลัก t = 8.05 พิจารณาเฉพาะเหตุผลประกอบ t = 11.92 และพิจารณาคำตอบหลักและพิจารณาเหตุผลประกอบ t = 11.93

5.1.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน

ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายข้อจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจ 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกพบว่าคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายข้อ > 0.7 - 1.00 อยู่ในระดับ High gain มีทั้งหมด 8 ข้อ ได้แก่ข้อที่ 1, 2, 3, 4, 5, 16, 17, 19 ข้อที่มีระดับคะแนนความก้าวหน้า < 0.3-0.7 อยู่ในระดับ Medium gain มีทั้งหมด 11 ข้อ ได้แก่ข้อที่ 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 20 และข้อที่มีระดับคะแนนความก้าวหน้า 0 -0.3 อยู่ในระดับ Low gain คือข้อที่ 12

ความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหา พบว่า เรื่องอัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดสารประกอบไอออนิกมีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย 0.86 อยู่ในระดับ High gain เรื่องการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกมีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย 0.54 อยู่ในระดับ Medium gain และเรื่องการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกมีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย 0.31 อยู่ในระดับ Medium gain

5.1.3 วิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พบว่า ก่อนเรียนด้วย 4D Elements นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนอยู่ในกลุ่ม ไม่อธิบายเหตุผล (NR) ร้อยละ 93.00 กลุ่ม ไม่เข้าใจ (NU) ร้อยละ 7.00 ก่อนและหลังเรียนด้วย 4D Elements และแบบจำลองสารประกอบไอออนิก นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ขึ้นร้อยละ 53.50 และยังมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ร้อยละ 20.50 และนักเรียนที่ไม่เข้าใจ (NU) ร้อยละ 18.50

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์รายเนื้อหา นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ (PU) มากที่สุดเรื่องอัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดสารประกอบไอออนิก รองลงมาคือแนวคิดเรื่องการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกตามลำดับ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.2.1 การเรียนรู้เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก นักเรียนต้องมีความรู้เรื่องสมบัติของธาตุ และการจัดเรียงอิเล็กตรอนมาก่อน ซึ่งจากการจัดการเรียนพบว่า ส่วนที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่เป็นเนื้อหาที่ควรรู้มาก่อนคือเรื่องสมบัติของธาตุ และการจัดเรียงอิเล็กตรอน

5.2.3 นักเรียนขาดทักษะในการเขียนอธิบายและสื่อความหมาย เพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการทำข้อสอบชนิดสองลำดับขั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมีควรเน้นเกี่ยวกับการท่องจำธาตุในตารางธาตุให้มากขึ้น เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุบ่งบอกสมบัติของธาตุ และเป็นความรู้พื้นฐานที่จะนำไปใช้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในรายวิชาเคมีที่สูงขึ้น

5.3.2 การสำรวจและศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นอกจากจะเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้ว ควรมีการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเป็นรายบุคคลหลังจากที่นักเรียนได้ตอบคำถามในแบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและสามารถวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น และควรเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากข้อมูลการสังเกตอย่างมีส่วนร่วมเพื่อที่จะได้ดูการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

5.3.3 ควรมีการนำ 4D Elements ไปปรับใช้กับเนื้อหาอื่น ๆ ในรายวิชาเคมี และสร้างใบงานใช้คู่กับกิจกรรมในเนื้อหานั้น ๆ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. "แบบจำลองอะตอมโมเลกุลทางเลือกสำหรับการสอนเรื่อง ทฤษฎีแรงผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้.** 5(2): 209–213; ธันวาคม, 2557.

กิตติพงษ์ พุ่มพวง. "การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยทฤษฎีเชื่อมโยงความรู้ (Connectivism) ผ่านสื่อสังคมออนไลน์", **วารสารศิลปศาสตร์**. 10(19): 1-13; มิถุนายน, 2558.

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. **ชุดการเรียนการสอนเล่ม 2**. กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. "การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้", **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 11(1): 33-44; มกราคม, 2551

ไชยา พรมโส, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. "การศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนมติเรื่อง รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้",**วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้,** 6(1): 57-69; มิถุนายน, 2558.

ซารีมีะ ยามู, **สำรวจความเข้าใจเชิงมโนมติ เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคกลุ่มแข่งขันในขั้นขยายความรู้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

ณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรื่อง. "แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4", **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์**. 17(2): 299-314; เมษายน, 2554.

ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ. "การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมีด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 5(1): 21–27; พฤษภาคม, 2557.

ณัฐริกา ผายเมืองฮุง. **ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน และมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องโมลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคกลุ่มแข่งขันในขั้นประเมินผล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

ทิฆัมพร โตสำลี. "ความรู้ความเข้าใจเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้", **การนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา**. 93-106. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปกร, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ทิศนา แขมมณี. **14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

__________. **ศาสตร์การสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

นุชจิรา แดงวันสี, สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. "ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับสื่อประสมที่มีผลต่อความก้าวหน้าทางการเรียนและประสิทธิ์สหสัมพันธ์เรื่องตารางธาตุสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4", ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 นวัตกรรมการศึกษาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน**. น.646-656. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม, 2559.

เบญจวรรณ์ จุลดาลัย และจารุณี ซามาตย์. "การศึกษาความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยมัลติมีเดีที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6", **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยนักศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 9(4): 83-91; ธันวาคม, 2558.

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

ภพ เลาหไพบูลย์. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2542.

วรุนันท์ ข้อยกิตติพันธ์. **การสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องรูปร่างโมเลกุล และสมบัติของสารโคเวเลนต์ โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

วีรนุช อุดมคำ. **การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

ศศินี อังกานนท์. (2557). "การใช้ดินสอมาสร้างโมเดล 3 มิติแสดงรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่สอดคล้องกับทฤษฎี VSEPR", **ศูนย์บริการออนไลน์ด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้**. http://www.mwit.ac.th/~chem/Inquiry/index.html. 15 มีนาคม, 2559.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศิริธร อ่างแก้ว, อริสรา อิสละรีย์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องกรด-เบส ด้วยวัฐจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคการแข่งขันเกมแบบกลุ่ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5", **วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์,** 11(ฉบับพิเศษ):109-124; สิงหาคม, 2559.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

________. **เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเผยแพร่ ขยาย ผลและอบรมรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง**. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2549.

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การเปรียบเทียบมโนมติก่อนและหลังเรียนเรื่องพันธะเคมีตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ", **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 1(1): 38–57; มิถุนายน, 2554.

เสาวนีย์ สังฆะขี และวรรณจรีย์ มังสิงห์. "ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ของ Hewson &Hewson (2003)", **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 6(2): 186-195; มิถุนายน, 2555.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.). **แนวทางการจัดการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

อภิวัฒน์ ศรีกัณหา และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. "การศึกษามโนมติและตัวแทนความคิด เรื่องการเกิดพันธะไอออนิกของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ", **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 9(3): 213-221; กันยายน, 2558.

อัจฉรีรัตน์ ศิริ, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. "การสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารโคเวเลนต์และไอออนิกโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะ", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 6(2): 198-208; พฤศจิกายน, 2558.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อัจฉรีรัตน์ ศิริ. **ผลการใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ต่อมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี และความสามารถในการเข้าใจความรู้ในชีวิตประจำวัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ. **การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง สมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558

Maier, Patrick, Marcus Tönnis, and Gudron Klinker. "Augmented Reality for teaching spatial relations", In **Conference of the International Journal of Arts & Sciences. Toronto**. 7(12): 185-192; May, 2009.

Mungsing, Wancharee. **Students' Alternative Conceptions about Genetics and The Use of Teaching Strategies for Conceptual Change**. Doctor of Philosophy: University of Minnesota U.S.A., 1993.

Wojciechowski, Rafał, and Wojciech Cellary. **"Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments", Computers & Education**. 68: 570-585, 2013.

Ruddick, K.R. and Abby L. "An interlocking building block activity in writing formulas of ionic compound", **Journal of Cmemical Education**. 89(11): 1436-1438: September, 2012.

Hake, R.R. "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses", **American journal of Physics**. 66(1): 64-74; November, 1998.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ และ
บันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินความสอดคล้องของเครื่องมือการวิจัย ดังนี้

1. นางปรารถนา รักศิลป์ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนบัวใหญ่
   สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา
   คุณวุฒิ: กศ.ม.บริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
   กศ.ม.หลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. นางสาวดรุณี ภัทรโภคิน ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสีดาวิทยา
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 31
   คุณวุฒิ: ศษ.ม.วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3. นางสัญญานนท์ บุญรินทร์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนไตรมิตร
   สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดศรีสะเกษ
   คุณวุฒิ: วท.บ.เคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ที่ ศธ ๐๕๒๙.๗/ว.๙๘๔๐

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
๘๕ ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค
อำเภอวารินชำราบ
จังหวัดอุบลราชธานี ๓๔๑๙๐

๓ สิงหาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน นางปรารถนา รักศิลป์

ตามที่ นางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ ตำแหน่งครู สังกัดโรงเรียนหนองก่มวิทยา ได้เข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตั้งแต่ภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา ๒๕๕๗ โดยนักศึกษาได้จัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยใช้ ๔d elements" ซึ่งมีผศ.ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นั้น

เนื่องจากในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อดังกล่าว จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในการตรวจสอบเครื่องมือการทำวิจัย ซึ่งคณะกรรมการบริหารหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้พิจารณาหัวข้อวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าว ดังนั้น คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการทำวิจัยของนางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

งานบริการการศึกษา สำนักงานเลขานุการ
โทรศัพท์ ๐ ๔๕๓๕ ๓๔๐๐ - ๔ ต่อ ๔๔๑๗
โทรสาร ๐ ๔๕๓๕ ๓๔๒๒

ที่ ศธ ๐๕๒๙.๗/ว.๙๘๔๐

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
๘๕ ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค
อำเภอวารินชำราบ
จังหวัดอุบลราชธานี ๓๔๑๙๐

๓ สิงหาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน นางสาวครุณี ภัทรโภคิน

ตามที่ นางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ ตำแหน่งครู สังกัดโรงเรียนหนองกุ่มวิทยา ได้เข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตั้งแต่ภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา ๒๕๕๗ โดยนักศึกษาได้จัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยใช้ ๔d elements" ซึ่งมีผศ.ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นั้น

เนื่องจากในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อดังกล่าว จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในการตรวจสอบเครื่องมือการทำวิจัย ซึ่งคณะกรรมการบริหารหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้พิจารณาหัวข้อวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าว ดังนั้น คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการทำวิจัยของนางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

งานบริการการศึกษา สำนักงานเลขานุการ
โทรศัพท์ ๐ ๔๕๓๕ ๓๔๐๐ - ๔ ต่อ ๔๔๑๗
โทรสาร ๐ ๔๕๓๕ ๓๔๒๒

ที่ ศธ ๐๕๒๙.๗/ว.๙๘๔๐

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
๘๕ ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค
อำเภอวารินชำราบ
จังหวัดอุบลราชธานี ๓๔๑๙๐

๓ สิงหาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน นางสัญญานนท์ บุญรินทร์

ตามที่ นางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ ตำแหน่งครู สังกัดโรงเรียนหนองก่มวิทยา ได้เข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตั้งแต่ภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา ๒๕๕๗ โดยนักศึกษาได้จัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง "การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสต์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยใช้ ๔d elements" ซึ่งมีผศ.ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นั้น

เนื่องจากในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อดังกล่าว จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในการตรวจสอบเครื่องมือการทำวิจัย ซึ่งคณะกรรมการบริหารหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-ศึกษา ได้พิจารณาหัวข้อวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าว ดังนั้น คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการทำวิจัยของนางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

งานบริการการศึกษา สำนักงานเลขานุการ
โทรศัพท์ ๐ ๔๕๓๕ ๓๔๐๐ - ๔ ต่อ ๔๔๑๗
โทรสาร ๐ ๔๕๓๕ ๓๔๒๒

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา เคมี1 **รหัสวิชา ว30331** **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

โรงเรียนหนองถ่มวิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560**

สาระที่ 3 หน่วยที่ 1 พันธะเคมีไอออนิก **เวลา 12.00 ชั่วโมง**

เรื่อง การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก **เวลา 2.00 ชั่วโมง**

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สำรวจตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายและอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลหรือในโครงผลึกของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารในเรื่องจุดเดือด จุดหลอมเหลวและสถานะกับแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาคของสารนั้น

....

สาระสำคัญ

เนื่องจากสารประกอบไอออนิกมีลักษณะการสร้างพันธะต่อเนื่องกันเป็นผลึก ไม่ได้อยู่ในลักษณะของโมเลกุลเหมือนในสารประกอบโคเวเลนต์ ดังนั้นสารประกอบไอออนิกจึงไม่มีสูตรโมเลกุลที่แท้จริง แต่จะมีการเขียนสูตรเพื่อแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบ โดยสูตรของสารประกอบไอออนิกแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนบวกและไอออนลบที่ทำให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์

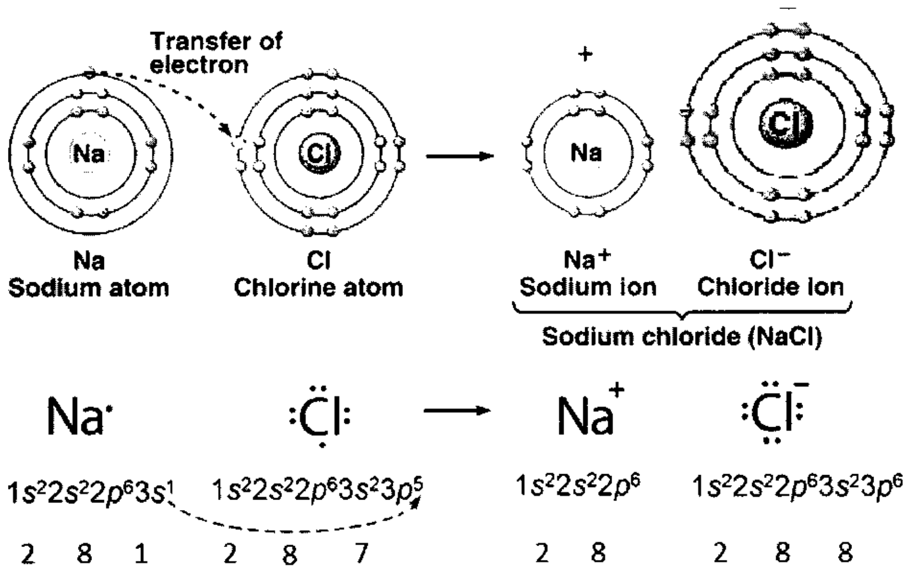
ผลการเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตต การเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกได้
2. วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับการเกิดพันธะไอออนิกได้
3. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โดยให้นักเรียนดูตัวอย่างโครงสร้างสารประกอบไอออนิก



ภาพที่ ข.1 การเกิดสารประกอบไอออนิกของ Na กับCl

ที่มา: http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1282

1.2 ให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาลักษณะการเกิดพันธะ ในโครงสร้างของสารประกอบ และอภิปรายร่วมกันว่า

- ธาตุที่เข้าสร้างพันธะเป็นธาตุประเภทใด

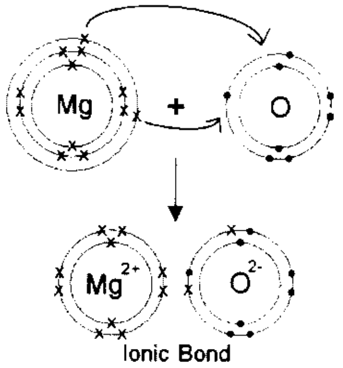
แนวทางการตอบคำถาม : Na เป็นธาตุโลหะ Cl เป็นธาตุอโลหะ

- ลักษณะการเกิดพันธะไอออนิกเป็นอย่างไร

แนวทางการตอบคำถาม: Na เสียอิเล็กตรอนให้แก่ Cl 1 ตัว ทำให้อะตอนของ Na มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 (เป็นไปตามกฎออกเตต) เกิดเป็นไอออน Na^{+} ส่วน Cl รับอิเล็กตรอนจาก Na มา 1 ตัว ทำให้อะตอมของ Cl มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 (เป็นไปตามกฎออกเตต) เช่นกัน และเกิดเป็นไอออน Cl^{-}

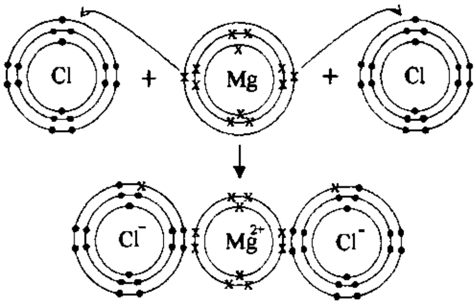
2. ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนดูตัวอย่างโครงสร้างสารประกอบไอออนิก



ภาพที่ ข.2 การเกิดสารประกอบไอออนิกของ Mg กับ O

ที่มา: http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1282



ภาพที่ ข.3 การเกิดสารประกอบไอออนิกของ Mg กับ Cl

ที่มา: http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1282

2.2 ให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาลักษณะการเกิดพันธะ ในโครงสร้างของสารประกอบ และอภิปรายร่วมกันว่า

- ธาตุที่เข้าสร้างพันธะเป็นธาตุประเภทใด
- ลักษณะการเกิดพันธะไอออนิกเป็นอย่างไร
- อัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดพันธะไอออนิกของสารประกอบทั้งสามแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวการตอบคำถาม :

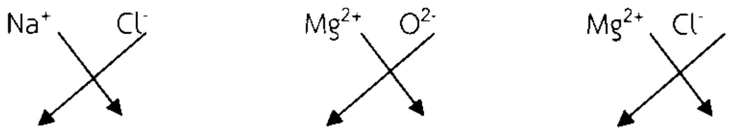
- Na ให้อิเล็กตรอน 1 ตัว ส่วน Cl รับอิเล็กตรอน 1 ตัว เพื่อมีเวเลนต์อิเล็กตรอนครบ 8 ดังนั้นสารประกอบระหว่าง Na กับ Cl จึงมีอัตราส่วนจำนวนอะตอมเป็น 1: 1

- Mg ให้อิเล็กตรอน 2 ตัว ส่วน O รับอิเล็กตรอน 2 ตัว เพื่อมีเวเลนต์อิเล็กตรอนครบ 8 ดังนั้นสารประกอบระหว่าง Mg กับ O จึงมีอัตราส่วนจำนวนอะตอมเป็น 1: 1

- Mg ให้อิเล็กตรอน 2 ตัว แต้ Cl รับอิเล็กตรอน 1 ตัว เพื่อมีเวเลนต์อิเล็กตรอนครบ 8 ดังนั้นจึงต้องใช้ Mg ตัว และ Cl 2 ตัว เพื่อเกิดเป็นสารประกอบที่มีเสถียรภาพสาร จะได้ อัตราส่วนจำนวนอะตอมระหว่าง Mg กับ Cl เป็นจึงมีเป็น 1: 2

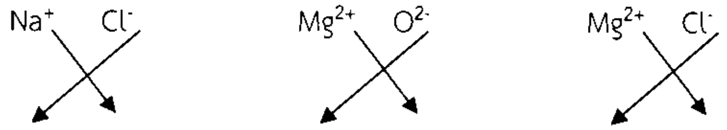
- อัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการเกิดพันธะไอออนิกและไอออนของธาตุที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร

แนวทางการตอบคำถาม: อัตราส่วนจำนวนอะตอม ระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบที่จะรวมตัวกันเป็นสารไอออนิกนั้น จะใช้อัตราส่วนที่ทำให้ประจุบวกกับประจุลบหักล้างกันหมดพอดี



อัตราส่วนจำนวนอะตอม	1 : 1	1 : 1	1 : 2

2.3 ครูอธิบายเพิ่มเติม ว่าเราสามารถใช้ค่าของประจุบวกไปเขียนไว้ทางด้านล่างขวาของอนุภาคที่เป็นไอออนลบ และใช้ค่าประจุลบไปเขียนไว้ทางด้านล่างขวาของอนุภาคที่เป็นไอออนบวก จะได้สูตรสารประกอบไอออนิก



อัตราส่วนจำนวนอะตอม	1 : 1	1 : 1	1 : 2
สูตรสารประกอบไอออนิก	NaCl	MgO	$MgCl_2$

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่ม และเพื่อนในห้องเกี่ยวกับ “หลักการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก” แล้วส่งตัวแทน 1 คนนำเสนอหน้าชั้นเรียน

แนวทางการตอบคำถาม: เนื่องจากสารประกอบไอออนิกมีลักษณะการสร้างพันธะต่อเนื่องกันเป็นผลึก ไม่ได้อยู่ในลักษณะของโมเลกุลเหมือนในสารประกอบโคเวเลนต์ ดังนั้นสารประกอบไอออนิกจึงไม่มีสูตรโมเลกุลที่แท้จริง แต่จะมีการเขียนสูตรเพื่อแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบ โดยสูตรของสารประกอบไอออนิกแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนบวกและไอออนลบที่ทำให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์ และเราสามารถใช้ค่าของประจุบวกไปเขียนไว้ทางด้านล่างขวาของอนุภาคที่เป็นไอออนลบ และใช้ค่าประจุลบไปเขียนไว้ทางด้านล่างขวาของอนุภาคที่เป็นไอออนบวก จะได้สูตรสารประกอบไอออนิก

3.2 ครูคอยสังเกต และตั้งคำถาม เมื่อพบว่านักเรียนกำลังอภิปรายนอกประเด็น เพื่อให้นักเรียนกลับมาอภิปรายในประเด็น และค่อยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนมีปัญหา หรือหาคำตอบไม่ได้

4. ขั้นขยายความรู้

4.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม รับอุปกรณ์กล่อง 4D elements กลุ่มละ 1 ชุด และใบงานเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก คนละ 1 ใบ

4.2 ครูอธิบายการทำกิจกรม :

- ให้นักเรียนดู ใบงานที่ 4.1(ภาพที่ ข 1.5) พร้อมกัน ใบงานนี้จะให้นักเรียนกรอกข้อมูลลงในตาราง โดย

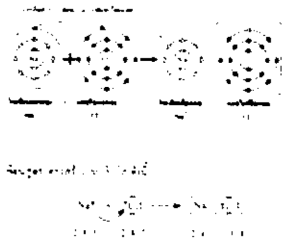
- ช่องที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคู่ธาตุ จาก กล่อง 4D elements ที่คิดว่าสามารถเกิดสารประกอบไอออนิกได้ โดยแต่ละกลุ่มต้องเลือกไม่ซ้ำกัน (ตามใบงานให้เลือกกลุ่มละ 4 คู่ธาตุ)

- ช่องที่ 2 ให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันนำโทรศัพท์ที่มีแอปพลิเคชัน 4D elements ส่องที่กล่อง 4D elements ทีละกล่อง แล้วบันทึกข้อมูล สถานะ และสีของธาตุ จนครบทุกธาตุที่นักเรียนเลือก

- ช่องที่ 3 ให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันเขียนแผนภาพการเกิดสารประกอบไออนิกของคู่ธาตุแต่ละคู่ พร้อมเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกที่เป็นไปได้ของคู่ธาตุนั้น ในใบงานที่ 4.1

ใบงานที่ 4.1

เรื่อง เขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

สูตรธาตุที่ 1	สถานะและสีของสารประกอบของธาตุ	การใช้แบบจำลองอิเล็กตรอนในการสร้างพันธะ	สูตรของสารประกอบ	ชื่อของสารประกอบ	สถานะและสีของสารประกอบ
Na Cl	ของแข็ง สีเทา แก๊ส สีเขียว		NaCl	Sodium Chloride	ของแข็ง สีขาว

ภาพที่ ข.4 ตัวอย่างใบงานที่ 1.5 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

5. ขั้นประเมินผล

5.1 จากการทำใบงานที่ 4.1 เรื่องการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกเสร็จแล้ว ให้แต่ละกลุ่มสลับใบงานแล้วตรวจให้เพื่อน โดยเทียบกับสูตรของสารประกอบไอออนิกที่ปรากฏใน 4D elements พร้อมอธิบายเมื่อพบว่าคำตอบนั้นไม่ถูกต้อง

5.2 นำใบงานที่ตรวจแล้วส่งคืนเพื่อนพร้อมอภิปรายผลจกการทำใบงานกับเพื่อในกลุ่มและเพื่อนในห้อง

5.3 ครูคอยสังเกตและให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนมีปัญหา หรือไม่เข้าใจในขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำกิจกรรม

5.4 นำงานที่ผ่านการตรวจและแก้ไขเรียบร้อยแล้วส่งครู

6. สื่อการเรียนการสอน

6.1 สื่อ 4D elements

6.2 ใบงานที่ 4.1 เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

6.3 หนังสือเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน (สารและสมบัติของสาร) ของ สสวท.

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	**วิธีการวัด**	**เครื่องมือวัด**	**เกณฑ์การผ่าน**
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1. การสรุปความคิดรวบยอด	1. ใบงานที่ 4.1	1. ทำได้ถูกต้อง 70% ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์
เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

แบบวัดมโนมติในวิชาเคมี

เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 1 นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตต การเกิดไอออน การเกิดพันธะ ไอออนิกได้

จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 2 นักเรียนรู้จักชื่อ สัญลักษณ์ธาตุในตารางธาตุ และสามารถเขียนสูตรเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้

คำชี้แจง

1. แบบวัดมโนมติชุดนี้เป็นข้อสอบปรนัย พร้อมทั้งให้เหตุผลในการตอบ
2. ในการสอบครั้งนี้จะเก็บคะแนนไว้เป็นความลับ
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในตัวเลือกที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง

เกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบถูกต้องและสมบูรณ์	ได้	3	คะแนน
คำตอบถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ได้	2	คะแนน
คำตอบมีบางส่วนถูกต้องหรือผิดบางส่วน	ได้	1	คะแนน
คำตอบผิดทั้งหมด	ได้	0	คะแนน
ไม่ทำแบบทดสอบ	ได้	0	คะแนน

ชื่อ-สกุล..เลขที่...............

1. จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ aluminium oxide (Al : O)

ก . 1 : 1

ข . 2 : 1

<u>ค . 2 : 3</u>

ง . 3 : 2

เพราะ aluminium (Al) อยู่หมู่ IIIA มีประจุเป็น +3 ดังนั้น aluminium ion จึงเขียนได้เป็น Al^{3+} และOxygen (O) อยู่หมู่ VIA มีประจุเป็น -2 ดังนั้น Oxygen ion จึงเขียนได้เป็น O^{2-} เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น $Al^{3+}O^{2-}$ ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น Al_2O_3 ดังนั้น อัตราส่วนระหว่าง Al : O จะเท่ากับ 2 : 3

2. จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ Beryllium nitride (Be : N)

ก . 1 : 1

ข . 2 : 1

ค . 2 : 3

<u>ง . 3 : 2</u>

เพราะ Beryllium (Be) อยู่หมู่ IIA มีประจุเป็น +2 ดังนั้น Beryllium ion จึงเขียนได้เป็น Be^{2+}และNitrogen (N) อยู่หมู่ VA มีประจุเป็น -3 ดังนั้น Nitrogen ion จึงเขียนได้เป็น N^{3-} เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น $Be^{2+}N^{3-}$ ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น Be_2N_3 ดังนั้น อัตราส่วนระหว่าง Be : N จะเท่ากับ 3 : 2

3. จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ Lithium Nitride (Li : N)

ก . 1 : 3

<u>ข . 3 : 1</u>

ค . 2 : 3

ง . 3 : 2

เพราะ Lithium (Li) อยู่หมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น Lithium ion จึงเขียนได้เป็น Li^{+} และ Nitrogen (N) อยู่หมู่ VA มีประจุเป็น -3 ดังนั้น Nitrogen ion จึงเขียนได้เป็น N^{3-} เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น $Li^{+}N^{3-}$ ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น Li_3N ดังนั้น อัตราส่วนระหว่าง Li : N จะเท่ากับ 3 : 1

4. จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ Lithium oxide (Li : O) ก . 1 : 1 ข . 1 : 2 ค . 2 : 1 ง . 2 : 2 เพราะ Lithium (Li) อยู่หมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น Lithium ion จึงเขียนได้เป็น Li^+ และ Oxygen (O) อยู่หมู่ VIA มีประจุเป็น -2 ดังนั้น Oxygen ion จึงเขียนได้เป็น O^{2-} เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น Li^+O^{2-} ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น Li_2O ดังนั้น อัตราส่วนระหว่าง Al : O จะเท่ากับ 2 : 1
5.จงบอกอัตราส่วนจำนวนอะตอมของสารประกอบ Potassium Fluoride (K : F) ก . 1 : 1 ข . 1 : 2 ค . 2 : 1 ง . 2 : 2 เพราะ Potassium (K) อยู่หมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น Potassium ion จึงเขียนได้เป็น K^+ และ Fluorine (F) อยู่หมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น Fluoride ion จึงเขียนได้เป็น F^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น K^+F^- ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น KF ดังนั้น อัตราส่วนระหว่าง K : F จะเท่ากับ 1 : 1
6. บทบาทของเกลือแร่โพแทสเซียมในรูปแบบของยาโพแทสเซียม คลอไรด์ (Potassium chloride) มักจะใช้เป็นการชดเชยเกลือแร่โพแทสเซียมให้กับร่างกาย หรือให้กับผู้ป่วยที่เกิดภาวะเกลือแร่โพแทสเซียมในร่างกายต่ำ (Hypokalemia) ด้วยเหตุจากโรคต่างๆเช่น ท้องเสีย หรือจากการอาเจียน จงเขียนสูตรทางเคมีของ โพแทสเซียม คลอไรด์ (Potassium chloride) ก. PCl_3 ข. PCl ค. KCl ง. FCl เพราะ Potassium (K) อยู่หมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น Potassium ion จึงเขียนได้เป็น K^+ และChlorine (Cl) อยู่หมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น Chlorine ion จึงเขียนได้เป็น Cl^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น K^+Cl^- ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น KCl

7. zinc chloride ใช้เป็นสารป้องกันเชื้อราในอุตสาหกรรมกระดาษ และไม้อัด สูตรของสารประกอบ zinc chloride เป็นอย่างไร

ก. ZnCl

ข. $ZnCl_2$

ค. Zn_2Cl

ง. Zn_2Cl_2

เพราะ zinc (Zn) อยู่หมู่ IIB มีประจุเป็น +2 ดังนั้น zinc ion จึงเขียนได้เป็น Zn^{2+} และ Chlorine (Cl) อยู่หมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น Chlorine ion จึงเขียนได้เป็น Cl^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น $Zn^{2+}Cl^-$ ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น $ZnCl_2$

8. chromium (III) chloride ส่วนใหญ่มักใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเป็นสารตั้งต้นในการย้อมสีขน จงเขียนสูตรของสารประกอบ chromium (III) chloride

ก. $CuCl_3$

ข. $CoCl_3$

ค. $CrCl_3$

ง. CCl_3

เพราะ chromium (Cr) อยู่หมู่ VIB มีประจุเป็น +3 ดังนั้น chromium ion จึงเขียนได้เป็น Cr^{3+} และ Chlorine (Cl) อยู่หมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น Chlorine ion จึงเขียนได้เป็น Cl^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น $Cr^{3+}Cl^-$ ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น $CrCl_3$

9. การเตรียม โลหะทองแดงสามารถเตรียมได้โยวิธีการถลุง การถลุงทองแดงทำได้โดยการเผาคาลโคไพไรต์ในอากาศ จะได้ copper (I) sulfide iron (II) oxide และ sulfurdioxide จงเขียนสูตรของสารประกอบ copper (I) sulfide

ก. Cu_2S

ข. Co_2S

ค. Cr_2S

ง. Ca_2S

เพราะ copper (Cu) อยู่หมู่ IB มีประจุเป็น +1 ดังนั้น copper ion จึงเขียนได้เป็น Cu^+ และ Sulfur (S) อยู่หมู่ VIA มีประจุเป็น -2 ดังนั้น Sulfur ion จึงเขียนได้เป็น S^{2-} เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น Cu^+S^{2-} ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น Cu_2S

10. sodium sulfide ใช้กำจัดโลหะทองแดงที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย จำพวกทำแผงวงจรไฟฟ้า และโรงงานที่ใช้โลหะทองแดง จงเขียนสูตรของสารประกอบ sodium sulfide ก. NaS ข. NaS_2 ค. Na_2S ง. Na_2S_2 เพราะ sodium (Na) อยู่หมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น sodium ion จึงเขียนได้เป็น Na^+ และ Sulfur (S) อยู่หมู่ VIA มีประจุเป็น -2 ดังนั้น Sulsur ion จึงเขียนได้เป็น S^{2-} เมื่อนำมาเขียนสูตร จะได้เป็น Na^+S^{2-} ไขว้จำนวนประจุ จะได้เป็น Na_2S
11. ปูนขาว หรือไลม์ (lime) มีสูตรทางเคมีคือ CaO มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร ก . carbon oxide ข . chromium oxide ค . caesium oxide ง . calcium oxide เพราะ Ca ชื่อธาตุคือ calcium O ชื่อธาตุคือ Oxygen ซึ่ง CaO เป็นสารประกอบไอออนิก โดยมี calcium ion (Ca^{2+}) เป็นไอออนบวก และมี Oxygen ion (O^{2-}) เป็นไอออนลบ ดังนั้น สารประกอบ CaO จึงเรียกชื่อได้ว่า calcium oxide
12. FeS เป็นรูปแบบของยาบำรุงโลหิตช่วยเสริมธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการอยู่เป็นประจำ สำหรับบุคคลที่มักจะได้รับคำแนะนำให้รับประทานธาตุเหล็กเสริมอาหาร ได้แก่ ผู้มีภาวะโลหิตจางเนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก สตรีตั้งครรภ์ และผู้บริจาคโลหิต FeS มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร ก. francium sulfide ข. ferrous sulfide ค. fluorine sulfate ง. fermium sulfate เพราะ Fe ชื่อธาตุคือ ferrous S ชื่อธาตุคือ Sulfur ซึ่ง FeS เป็นสารประกอบไอออนิก โดยมี ferrous ion (Fe^{2+}) เป็นไอออนบวก และมี Sulfur ion (S^{2-}) เป็นไอออนลบ ดังนั้น สารประกอบ FeS จึงเรียกชื่อได้ว่า ferrous sulfide

13. KI ถูกนำมาอัดเม็ด และใช้รักษาภาวะไอโอดีนในร่างกายต่ำ (ภาวะขาดไอโอดีน) KI มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร ก. monopotassium iodide ข. potassium monoiodide <u>ค. Potassium iodide</u> ง. monopotassium monoiodide เพราะ Fe ชื่อธาตุคือ ferrous S ชื่อธาตุคือ Sulfur ซึ่ง FeS เป็นสารประกอบไอออนิก โดยมี ferrous ion (Fe^{2+}) เป็นไอออนบวก และมี Sulfur ion (S^{2-}) เป็นไอออนลบ ดังนั้น สารประกอบ FeS จึงเรียกชื่อได้ว่า ferrous sulfide
14. สารประกอบ $PuBr_3$ มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร ก. plutonium tribromide ข. plutonium (III) tribromide ค. plutonium bromide <u>ง. plutonium (III) bromide</u> เพราะ Pu ชื่อธาตุคือ plutonium Br ชื่อธาตุคือ bromine ซึ่ง $PuBr_3$ เป็นสารประกอบไอออนิก โดยมี plutonium ion (Pu^{3+}) เป็นไอออนบวก และมี bromide ion (Br^-) เป็นไอออนลบ ดังนั้น สารประกอบ $PuBr_3$ จึงเรียกชื่อได้ว่า plutonium (III) bromide
15. สารประกอบอนินทรีย์ของทองคำ สูตรทางเคมีของมันคือ <u>Au</u>Cl_3 ทองคำที่มีออกซิเดชั่นสเตต (oxidation state) +3 เป็นฟอร์มที่มีเสถียรภาพมากที่สุดของมัน สารประกอบคลอไรด์ของทองในรูปแบบอื่น คือ Gold(I)Chloride (AuCl) แต่มีเสถียรภาพน้อยกว่า$AuCl_3$ สารประกอบ $AuCl_3$ มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร ก. Gold monoChloride ข. Gold triChloride ค. Gold (I) Chloride <u>ง. Gold (III) Chloride</u> เพราะ Au ชื่อธาตุคือ Gold Cl ชื่อธาตุคือ Chlorine ซึ่ง $AuCl_3$ เป็นสารประกอบไอออนิก โดยมี Gold ion (Au^{3+}) เป็นไอออนบวก และมี Chlorine ion (Cl^-) เป็นไอออนลบ ดังนั้น สารประกอบ $AuCl_3$ จึงเรียกชื่อได้ว่า Gold (III) Chloride

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 16 -17

ธาตุ	การจัดอิเล็กตรอนของธาตุ
A	2, 8, 2
B	2, 8, 8, 1
C	2, 8, 7
D	2, 8, 18, 8

16. ธาตุคู่ใดมีการเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกได้

ก A กับ D ข C กับ D

ค B กับ C ง B กับ D

เพราะ การเกิดพันธะไอออนิก เกิดระหว่างโลหะกับอโลหะ ซึ่งจากการจัดเรียนอิเล็กตรอน ธาตุ B มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ1 แสดงว่าธาตุBมีสมบัติคล้ายกับธาตุหมู่1 คือเป็นธาตุโลหะ ส่วนธาตุC มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ7 แสดงว่ามีสมบัติคล้ายกับธาตุในหมู่7 คือเป็นธาตุอโลหะ ดังนั้น Bกับ C จึงสามารถเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกได้

17. สารประกอบที่เกิดจากธาตุ B กับ C ควรมีสูตรอย่างไร

ก BC_2 ข BC

ค B_7C ง B_2C

เพราะ ธาตุB มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 มีสมบัติคล้ายธาตุหมู่ IA มีประจุเป็น +1 ดังนั้น เมื่อธาตุB เสียอิเล็กตรอนจะมีไอออนเป็น B^+ และC มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 มีสมบัติคล้ายธาตุหมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น เมื่อธาตุC รับอิเล็กตรอนจะมีไอออนเป็น C^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น B^+C^- ไขว้จำนวนประจุ จะได้สูตรสารประกอบไอออนิกเป็น BC

18. ธาตุ $^{40}_{20}A$ สามารถเกิดสารประกอบธาตุ $^{35}_{17}B$ สารประกอบที่เกิดขึ้นควรมีสูตรเคมีเป็นดังข้อใด

ก. AB ข. AB_2

ค. A_2B ง. A_3B_2

เพราะ ธาตุA มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 มีสมบัติคล้ายธาตุหมู่ IIA มีประจุเป็น +2 ดังนั้น เมื่อธาตุA เสียอิเล็กตรอนจะมีไอออนเป็น A^{2+} และB มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 มีสมบัติคล้ายธาตุหมู่ VIIA มีประจุเป็น -1 ดังนั้น เมื่อธาตุB รับอิเล็กตรอนจะมีไอออนเป็น B^- เมื่อนำมาเขียนสูตรจะได้เป็น $A^{2+}B^-$ ไขว้จำนวนประจุ จะได้สูตรสารประกอบไอออนิกเป็น AB_2

19. กำหนดธาตุ $_{3}X$ $_{7}Y$ และ $_{17}Z$ สูตรของสารประกอบธาตุคู่ที่เกิดจากธาตุทั้งสามข้อใดเป็นไปได้

ก. X_3Y , YZ_3 , XZ ข. X_3Y , YZ_3 , XZ_2

ค. XY_3 , YZ_3 , XZ ง. X_3Y , YZ_5 , X_2Z

เพราะ

X มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 มีประจุ+1

Y มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 5 มีประจุ-3

Z มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 มีประจุ-1

เมื่อเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกจะมีสูตรสารประกอบเป็น X_3Y , YZ_3 , XZ

20. ถ้าธาตุ X , Y และ Z มีสูตรสารประกอบออกไซด์เป็น X_2O_3 , YO และ Z_2O

X , Y และ Z ควรเป็นธาตุโลหะหมู่ใดตามลำดับ

ก. I , II , III ข. III , II , I

ค. II , III , I ง. III , I , II

เพราะ X_2O_3 YO Z_2O ธาตุทั้งสามทำปฏิกิริยากับ Oxygen อยู่หมู่ VIA มีประจุ -2 เนื่องจากสารประกอบใด ๆ ผลรวมของเลขออกซิเดชันจะต้องเป็นศูนย์เสมอ ดังนั้นธาตุ X Y Z จึงมีประจุดังนี้ $X^{+3}O^{-2}$ $Y^{2+}O^{-2}$ $Z^{+1}O^{-2}$ จะได้ว่าธาตุ X อยู่หมู่ 3 ธาตุ Y อยู่หมู่ 2 ธาตุ Z อยู่หมู่ 1

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือ

ตารางที่ ง.1 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1	ใช้ได้
2	1	1	1	1	ใช้ได้
3	1	1	1	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	ใช้ได้
7	1	0	1	0.67	ใช้ได้
8	1	1	1	1	ใช้ได้
9	1	1	1	1	ใช้ได้
10	1	1	1	1	ใช้ได้
11	1	0	1	0.67	ใช้ได้
12	1	1	1	1	ใช้ได้
13	1	0	1	0.67	ใช้ได้
14	1	0	1	0.67	ใช้ได้
15	1	1	1	1	ใช้ได้
16	1	0	1	0.67	ใช้ได้
17	1	0	1	0.67	ใช้ได้
18	1	1	1	1	ใช้ได้
19	1	0	1	0.67	ใช้ได้
20	1	1	1	1	ใช้ได้
21	1	1	1	1	ใช้ได้
22	1	1	1	1	ใช้ได้
23	1	1	1	1	ใช้ได้
24	1	1	1	1	ใช้ได้
25	1	1	1	1	ใช้ได้
26	1	1	1	1	ใช้ได้

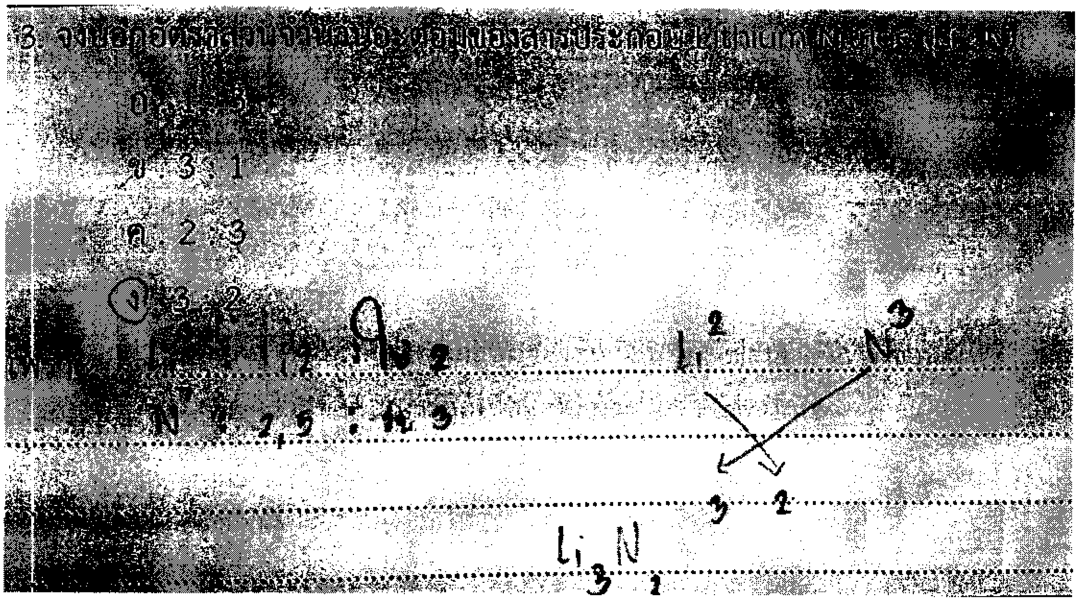
ตารางที่ ง.1 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์ (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
27	1	1	1	1	ใช้ได้
28	1	1	1	1	ใช้ได้
29	1	1	1	1	ใช้ได้
30	1	1	1	1	ใช้ได้

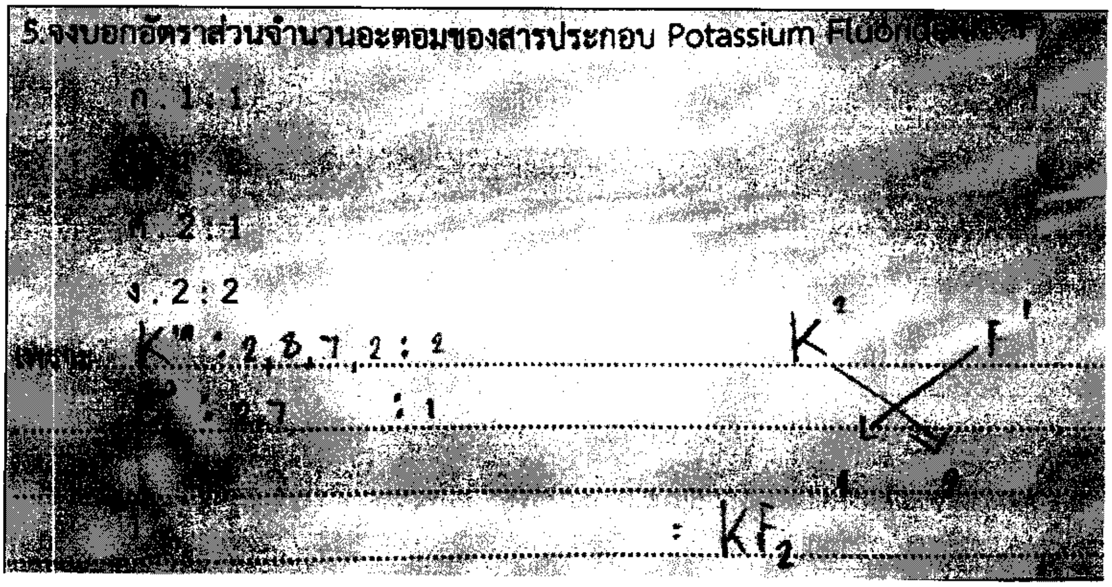
ภาคผนวก จ
มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน หลังเรียนเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกด้วย 4D Elements

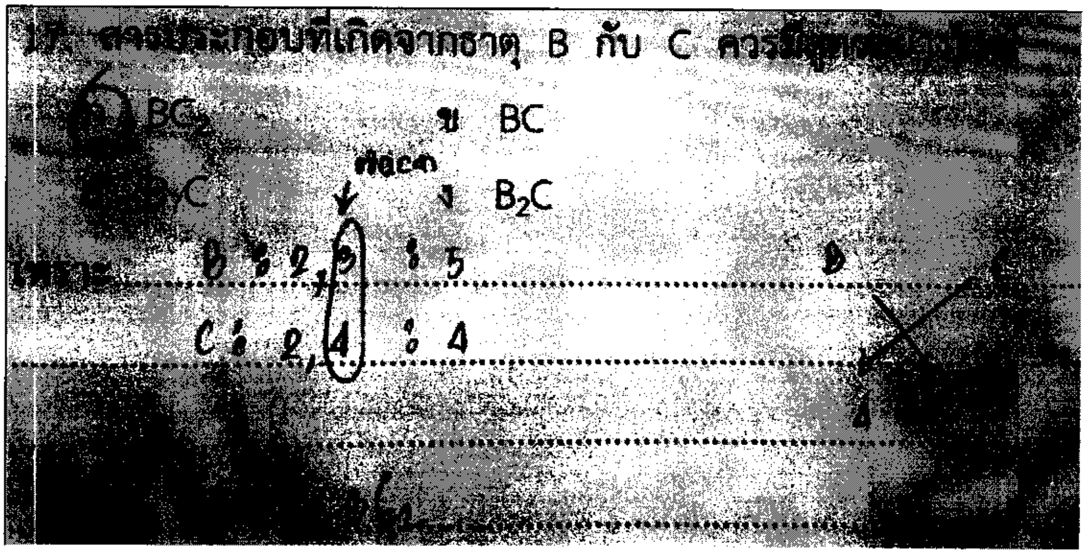
1. แนวคิดเรื่อง อัตราส่วนจำนวนอะตอมที่ใช้ในการสร้างพันธะไอออนิก



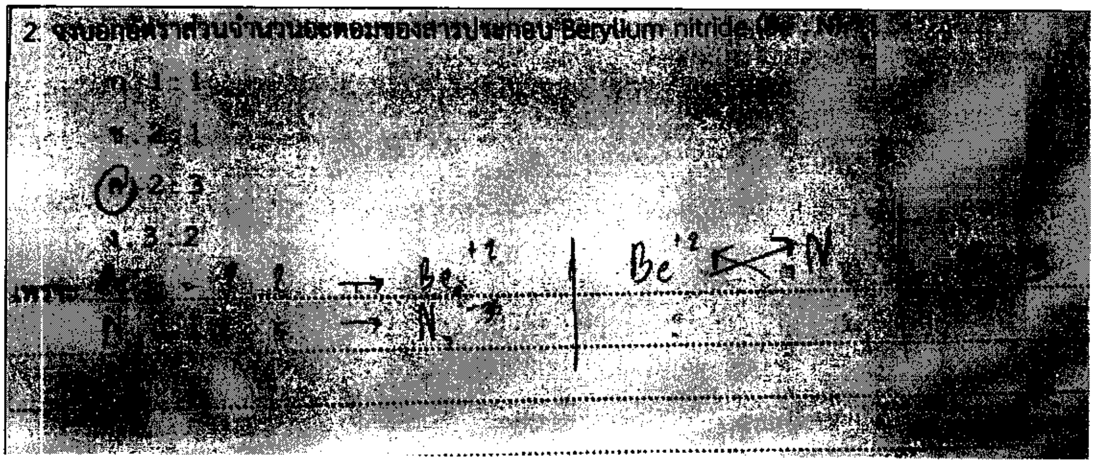
ภาพที่ จ.1 การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 3.33)



ภาพที่ จ.2 จำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 5.00)

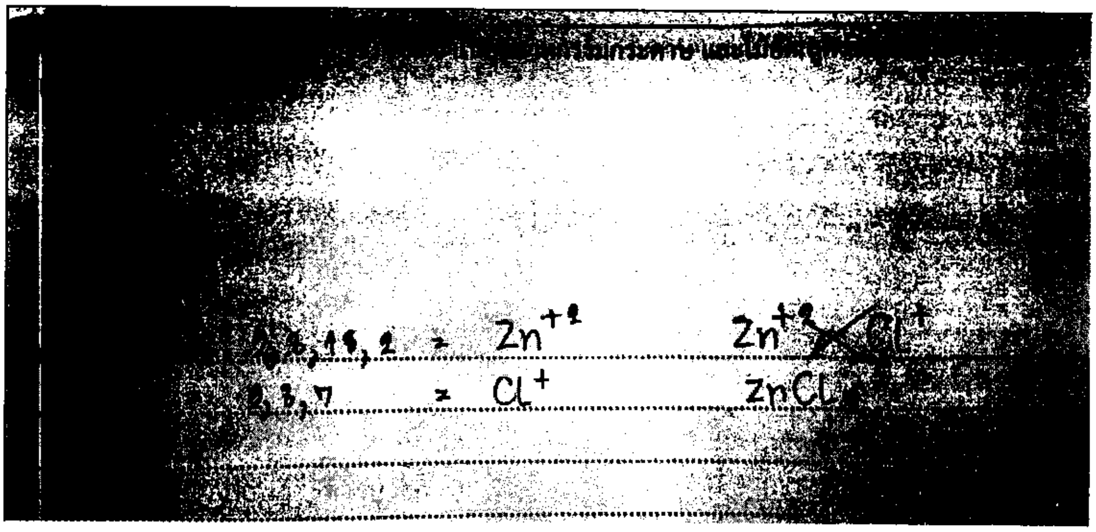


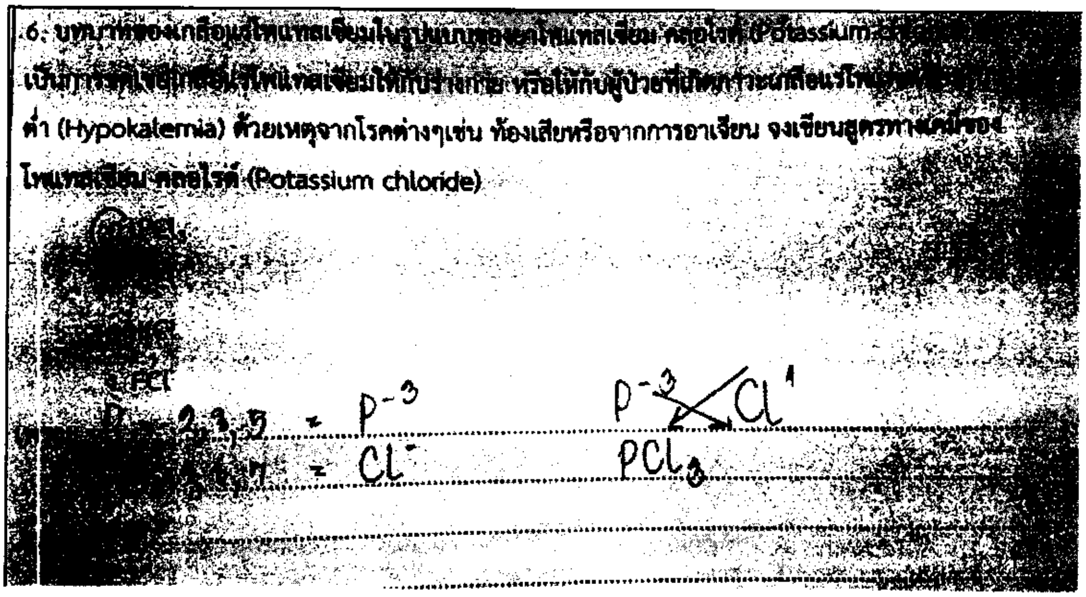
ภาพที่ จ.3 แนวโน้มการให้และรับอิเล็กตรอน/ไอออนที่เกิดขึ้น (ร้อยละ 10.00)



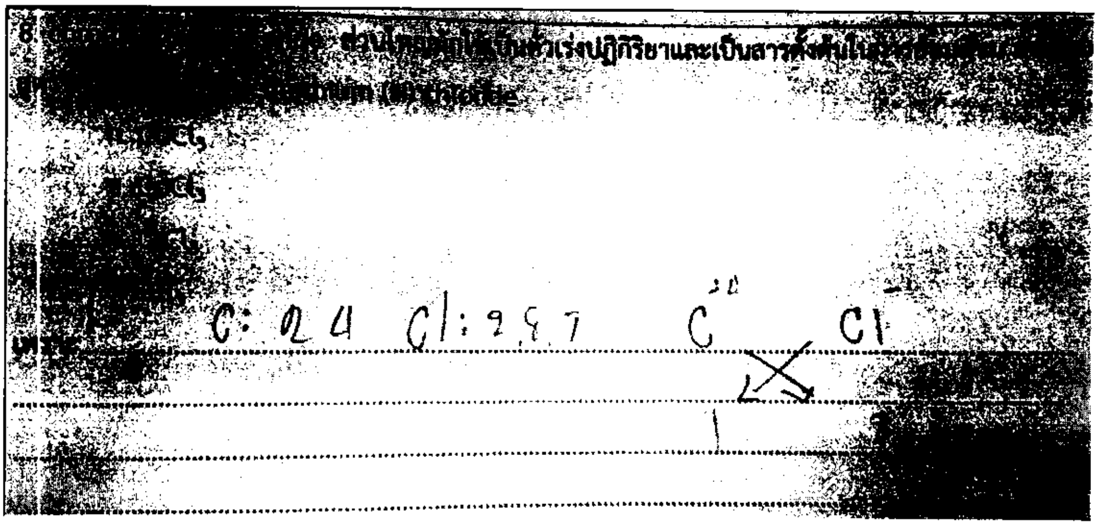
ภาพที่ จ.4 การไข้วสูตรสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 10.00)

2. แนวคิดเรื่อง การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก



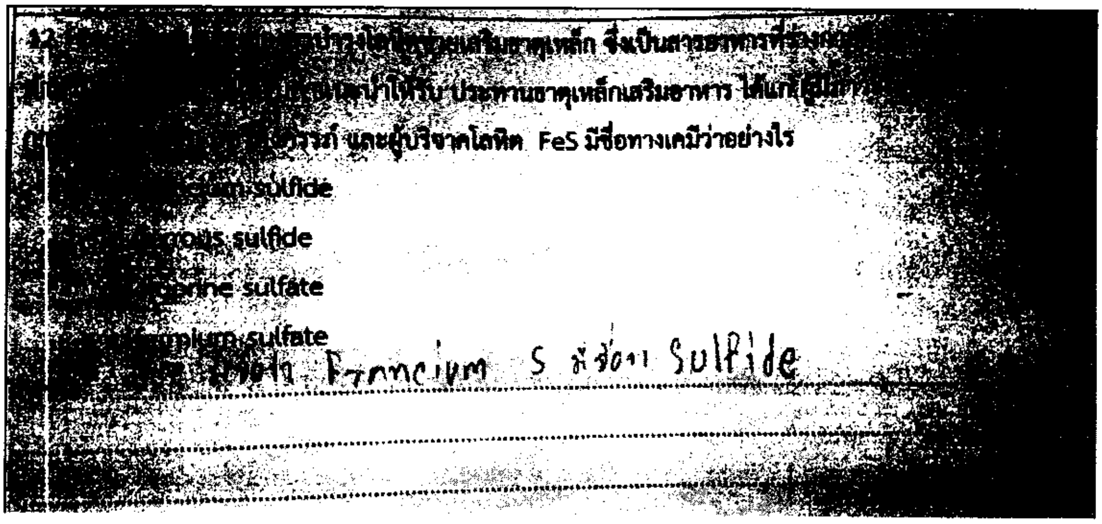


ภาพที่ จ.5 แนวโน้มการให้และรับอิเล็กตรอน/ไอออนที่เกิดขึ้นไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 18.89)

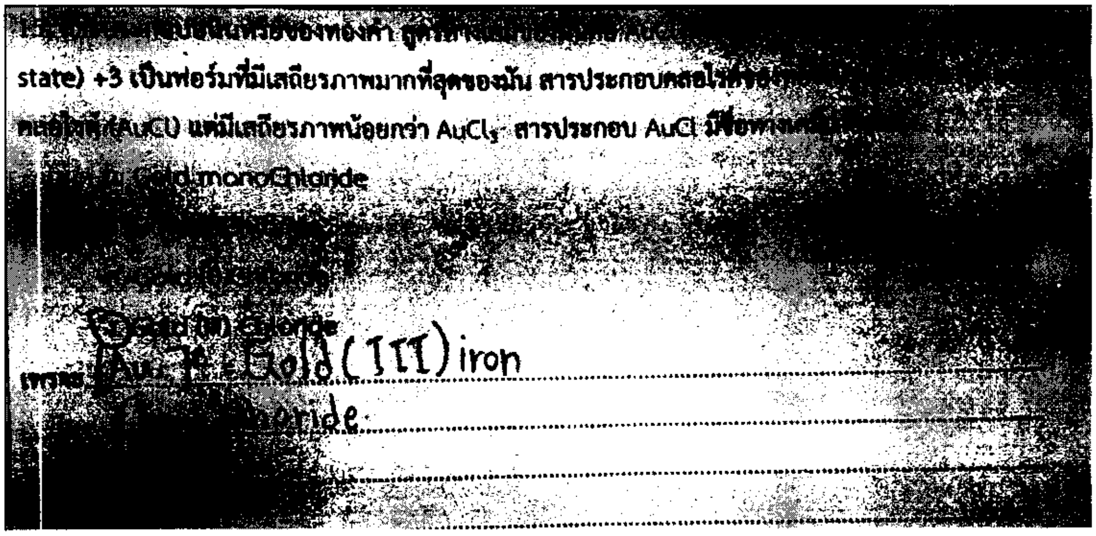


ภาพที่ จ.6 สัญลักษณ์ธาตุไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 22.22)

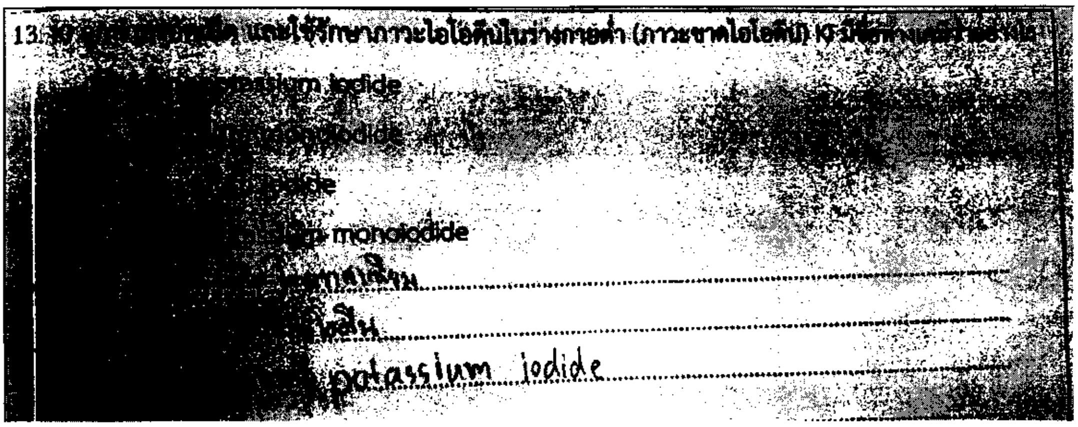
3. แนวคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก



ภาพที่ จ.7 ชื่อธาตุไม่ถูกต้อง (ร้อยละ 18.00)



ภาพที่ จ.8 ไม่ระบุไอออนของธาตุทรานซิชัน (ร้อยละ 10.00)



ภาพที่ จ.9 ระบุจำนวนอะตอมเป็นภาษากรีก (ร้อยละ 10.00)

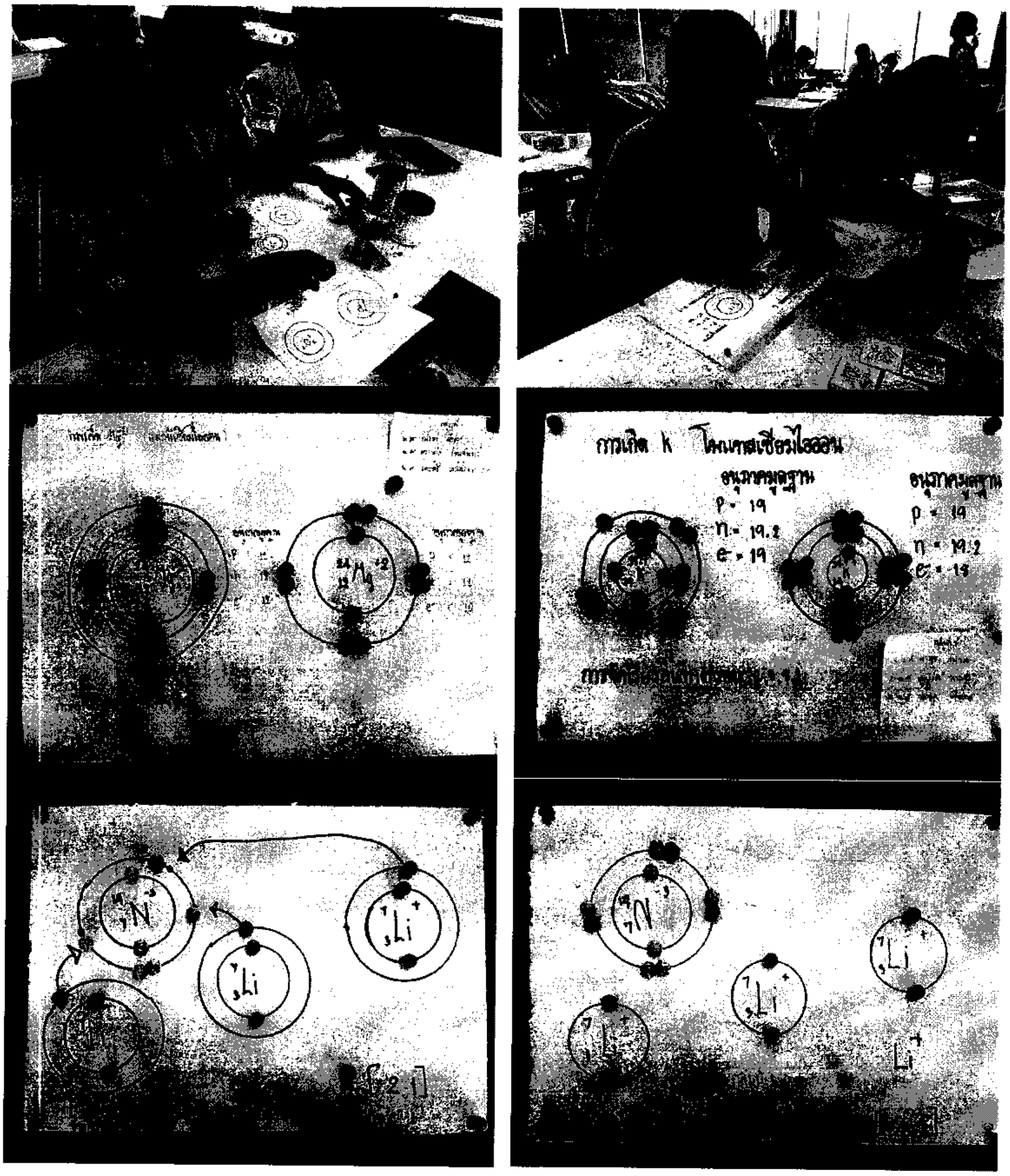
ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนรู้

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วย 4D elements

ภาพที่ ฉ.1 สำรวจธาตุจาก 4D elements ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วย แบบจำลองโฟม



ภาพที่ ฉ.2 ศึกษาเกี่ยวกับการเกิดไอออนของธาตุ และการเกิดสารประกอบไอออนิก

ภาคผนวก ช

ผลงานนำเสนอแบบบรรยาย ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ม.อบ.วิจัย ครั้งที่ 11

ประมวลบทความในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ

มอบ.วิจัย ครั้งที่ 11

อาคารเทพรัตนสิริปภา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
13-14 กรกฎาคม 2560

ผลงานนำเสนอแบบบรรยาย

PROCEEDINGS

ประมวลบทความในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 11

ความหลากหลายทางจุลชีวัน : รู้เท่าทันและการประยุกต์

Microbial diversity : Literacy and applications

ผลงานนำเสนอภาคบรรยาย

วันที่ 13-14 กรกฎาคม พ.ศ. 2560
ณ อาคารเทพรัตนสิริปภา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
จังหวัดอุบลราชธานี

การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ 4D Elements

Development of Scientific Conceptual Understanding of Formula and Naming of Ionic Compounds for Grade 10 Students using 4D Elements

ทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ[1] และ กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา[2,3*]

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษา [2] ภาควิชาเคมี และ [3] ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

* E-mail : karntarat.w@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกเมื่อเรียนโดยใช้แอพพลิเคชั่นในมือถือชื่อ 4D Elements ภายใต้เครื่องหมายการค้า DAQRI การนำแอพพลิเคชั่นนี้มาใช้จะทำให้นักเรียนสนุกกับการเรียนเคมีที่แท้จริงและได้มีประสบการณ์เทคโนโลยีเสมือนจริงของธาตุและสารประกอบไอออนิก กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 13 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ 6 แผนการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 20 ข้อ แบบทดสอบ 2 ลำดับขั้นนี้ ส่วนที่ 1 จะเป็นคำถามในเนื้อหาที่เรียน ส่วนที่ 2 จะเป็นการใช้เหตุผล วิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาคำตอบจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาจัดกลุ่มความเข้าใจของนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้ CU คือความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือความเข้าใจถูกแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือไม่เข้าใจ และ NR คือไม่แสดงความคิด การวิจัยชี้ให้เห็นว่าเมื่อนักเรียนเรียนด้วยแอพพลิเคชั่น 4D Elements ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ขึ้นจากร้อยละ 3.84 เป็น16.92 นักเรียนที่ไม่แสดงความคิด (NR) ลดลงจากร้อยละ 84.61 เป็น 40.00 และมีนักเรียนที่ไม่เข้าใจ (NU) ร้อยละ 13.46 เนื่องจากนักเรียนบางคนยังมีความสับสนในเรื่องของเลขออกซิเดชั่นของธาตุ การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก และจำนวนนับภาษากรีก

คำสำคัญ : 4D Elements สารประกอบไอออนิก ความเข้าใจมโนมติ แอพพลิเคชั่นมือถือ

Abstract

The purpose of this experimental research were to compare the pretest-posttest results of scientific conceptual understanding of formula and naming of ionic compounds using a mobile application named 4D Elementsunder trademark of DAQRI. The application is a fun way to learn real chemistry and experience augmented reality of elements and ionic compounds. The participants in the research were 13 grade 10 students in the first semester of the 2016 academic year. The research tools were six lesson plans and a two-tiered multiple choice conceptual test of 20 items related to formula and naming of ionic compounds. The two-tiered multiple choice questions consisted of the first tier of content-based questions, and the second tier of reasoning-based questions. Data were analyzed by percentages of scientific conceptual understanding was categorized into six levels, complete understanding (CU),partial Understanding (PU), partial understanding with specific alternative conception (PS), alternative conception (AC),no understanding (NU),and no response (NR). The research findings indicated that the majority of students had progressivecomplete understanding when studying with 4D Elements. CUincreased from 3.84% to 16.92%,NRdecreased from 84.61% to 40.00%, and13.46% of students had AC after learning because some were confused about the oxidation number of the elements, formulation of ionic compounds, and Greek number prefixes.

Keywords : 4D Elements, ionic compounds, conceptual understanding, mobile application

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การสอนวิทยาศาสตร์ให้ได้ผลควรเน้นมโนมติที่สำคัญอย่างชัดเจน โดยเฉพาะวิชาเคมี ซึ่งมโนมติวิทยาศาสตร์จำนวนมากมักเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เช่น เรื่อง โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี และกรด-เบส ตลอดจนเนื้อหาหรือองค์ความรู้ส่วนใหญ่เป็นเรื่องที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ส่งผลให้การสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเรื่องที่ยาก และนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีแนวโน้มในการมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนหรือมโนมติทางเลือก (alternative conception) หรือผิด (misconception) จากความเป็นจริงทางวิทยาศาสตร์ (scientific consensus) อีกทั้งมโนมติวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีจะมีความเกี่ยวเนื่องกันและกัน โดยมโนมติวิทยาศาสตร์เดิมที่ผู้เรียนเรียนก่อนจะเป็นพื้นฐานของมโนมติวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนในเรื่องถัดไป (สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) หากนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน นักเรียนจะไม่สามารถสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นก่อนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ครูผู้สอนต้องรู้มโนมติของนักเรียนในเรื่องนั้นๆ ก่อน แล้วนำผลที่ได้ไปออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างมโนมติวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ศิริธร อ่างแก้ว และคณะ, 2559)

พันธะเคมีเป็นหนึ่งในหัวข้อที่สำคัญของวิชาเคมี มีลักษณะเนื้อหาเป็นนามธรรม ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ส่งผลให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้มาก การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะเคมีนับว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของการศึกษาสมบัติของสารและปฏิกิริยาเคมีทุกชนิด และได้มีงานวิจัยหลาย ๆ เรื่องที่ตรวจสอบมโนมติและมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโลหะ พันธะไอออนิก และพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (60%) มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาย่อยเรื่องพันธะเคมีในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจมากที่สุด คือ เรื่องการเกิดพันธะโลหะ และสมบัติของโลหะ (27 คน) รองลงมาคือเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (24 คน) อย่างไรก็ตาม พบว่า นักเรียนยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกและเรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก (ทิฆัมพร โตสำลี,2553) ซึ่งสอดคล้องกับอัจฉรีรัตน์ ศิริและคณะ (2558) สรุปมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

หัวข้อ	**ความคลาดเคลื่อน**	**ตัวอย่าง**
การเกิดพันธะไอออนิก	นักเรียนบอกจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างโลหะและอโลหะไม่ถูกต้อง	การเกิดสารประกอบ Na_2O Na 2 อะตอมให้อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน ส่วน O 1 อะตอมรับอิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน เกิดการให้และรับอิเล็กตรอน 2 คู่
	นักเรียนเข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุโลหะกับอโลหะ	- CaCl2 เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของ Ca กับ Cl - O ต้องการรับ 2 อิเล็กตรอน ส่วน K ต้องการอีก 7 อิเล็กตรอน จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้ครบตามกฎออกเตต
	นักเรียนอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกไม่ถูกต้องเนื่องจากเข้าใจความหมายของเวเลนต์อิเล็กตรอนผิด	- K อยู่หมู่ 1 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ +1 ส่วน O อยู่หมู่ 6 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ -2 จึงเพิ่ม K 1 อะตอมเพื่อที่ O จะได้ครบ 8 - O มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 ส่วน K มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 จึงเกิดการให้และรับอิเล็กตรอน
การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	นักเรียนจำสัญลักษณ์ของธาตุทรานซิชันไม่ได้ จึงทำให้เขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง	Iron(III)nitrate เขียนสูตรเป็น Ir(NO3)3 , I(NO3)3 , F(NO3)3

หัวข้อ	ความคลาดเคลื่อน	ตัวอย่าง
	นักเรียนไม่พิจารณาเลขประจุของธาตุทรานซิชันจากสื่อสารที่กำหนดให้	Iron(III)nitrate เขียนสูตรเป็น FeNO3 โดย นักเรียนจำเลขประจุของ nitrate ได้มีค่าเท่ากับ -1 จึงแทนประจุของ Fe เท่ากับ +1 เพราะจะทำให้สารประกอบเป็นกลางทางไฟฟ้า
การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	นักเรียนอ่านประจุของธาตุเรพรีเซนเททีฟ โดยเข้าใจว่าต้องอ่านเช่นเดียวกับโลหะกลุ่มทรานซิชัน	MgBr2 อ่านว่า แมกนีเซียม(II)โบรไมด์ CaS อ่านว่า แคลเซียม(II)ซัลไฟด์
	นักเรียนไม่เปลี่ยนเสียงลงท้ายพยางค์เป็น –ide	CaS อ่านว่า แคลเซียมซัลเฟอร์

ครูจึงเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยนักเรียนให้เกิดความเข้าใจมโนมติทาวิทยาศาสตร์ โดยในการจัดการเรียนรู้จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาที่สำรวจมโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน และพยายามปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนให้เป็นมโนมติวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนต่างๆมากมาย เช่น การใช้แบบจำลองความคิด (ณัชธฤต เกื้อทาน และคณะ, 2554) การจัดการเรียนรู้ T5 กระดาษ (สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) การต่อเลโก้เพื่อหาสูตรสารประกอบไอออนิก (อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ,2558) การใช้ดินสอสร้างโมเดล 3 มิติแสดงรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (ศศินี อังกานนท์, 2557) การใช้โมเดลโฟม และเข็มหมุดจำลองโมเลกุลเพื่ออธิบายการผลักระหว่างอิเล็กตรอน การใช้สื่อไอทีเพื่ออธิบายแบบจำลอง หรือสัญลักษณ์ในรูปแบบ 3 มิติซึ่งสามารถมองแบบจำลองผ่านแอพพลิเคชันของสมาร์ทโฟน (smartphone) ระบบแอนดรอยด์ (android) เช่น การใช้เทคโนโลยีเมนเต็ดเรียลลิตี้เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี (ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ, 2557) การใช้เทคโนโลยีออกเต็ดเรียลลิตี้อธิบายเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (ไชยา พรมโส และคณะ, 2558) การใช้สื่อประสม และแอพพลิเคชันตารางธาตุ ในเรื่องตารางธาตุ (นุชจิรา แดงวันสี และคณะ, 2559) จะเห็นได้ว่าสื่อเหล่านั้นช่วยแก้ปัญหาด้านการจินตนาการของผู้เรียนทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น แก้ปัญหามโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ดี และยังทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น อยากรู้อยากเห็นในเนื้อหาที่เรียน ทำให้วิชาเคมีมีความน่าสนใจมากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงนำสื่อแอพพลิเคชั่น(application) ในมือถือชื่อ 4D Elementsของบริษัท DAQRI ซึ่งอนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนการสอนนี้ในชั้นเรียนได้ฟรี เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่องการเขียนสูตร และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

วิธีวิจัย

1. **รูปแบบการวิจัย**

รูปแบบงานวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบก่อน และหลังเรียน (one group pretest posttest design)

กลุ่มที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ใช้กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนหนองถ่มวิทยา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียนทั้งหมด 13 คน ที่เรียนวิชาเคมี เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

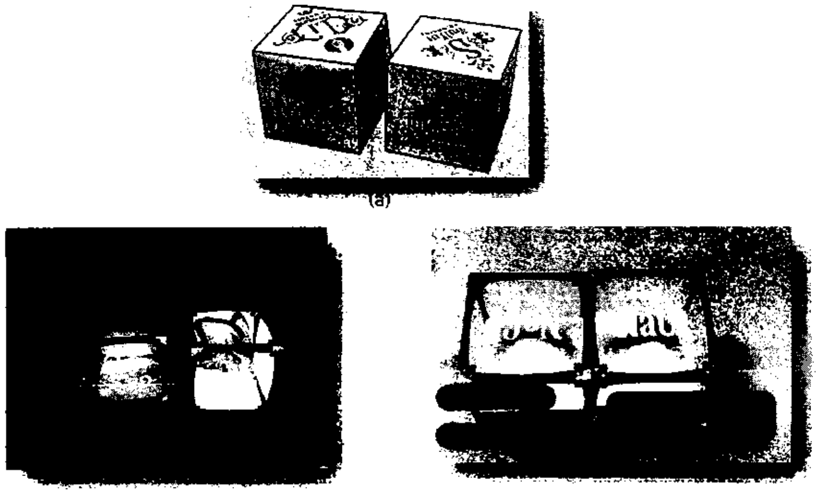
2. **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements จำนวน 6 แผน ใช้เวลา 9 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กฎออกเตตกับการเกิดไอออน จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การเกิดพันธะไอออนิก จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 สารประกอบไอออนิกในชีวิตประจำวัน จำนวน 2 ชั่วโมง

2. แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผล ครอบคลุมแนวคิดย่อย เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ได้แก่ อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกรวมข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถาม เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น จากนั้นนำไปเก็บรวบรวมข้อมูล
3. แอพพลิเคชั่น ชื่อ 4D Elementsจดทะเบียนเครื่องหมายการค้าในนามของบริษัท DAQRI โดย download กล่อง 4d elements และแอพพลิเคชั่นได้ที่เว็บไซต์ http://elements4d.daqri.com หรือ gg.gg/chem4d แล้วให้นักเรียนประกอบกล่องจากแบบที่ดาวน์โหลดมา (ภาพที่ 1a) และส่อง กล่อง หลังจากกดปุ่ม start ใน application ถ้าส่อง 1 กล่อง จะทำให้นักเรียนได้ข้อมูล สถานะและสีของธาตุ (ภาพที่ 1b) ถ้าส่อง 2 กล่องพร้อมกันหรือนำ 2 กล่องมาติดกันจะได้ข้อมูลสีและสถานะของสารประกอบ (ภาพที่ 1c)กล่องลูกบาศก์ที่ดาวน์โหลดมาใช้ได้ฟรีมีทั้งหมด 6 กล่อง ๆ ละ 6 หน้า ทั้งหมดมี 36 ธาตุ



(a) (b) (c)

ภาพที่ 1 4d elements (a) กล่อง (b) เมื่อส่องผ่าน application ทีละกล่อง (c) เมื่อนำกล่อง 2 กล่องมาติดกันแล้วส่องผ่าน application

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นกลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบก่อน และหลังเรียน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

3.1 **นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อ** สารประกอบไอออนิกจำนวน 20 ข้อก่อนเรียน แบบทดสอบแต่ละข้อคะแนนเต็ม 3คะแนน โดยส่วนข้อสอบแบบเลือกตอบคะแนนเต็ม 1 คะแนน การให้เหตุผลคะแนนเต็ม 2 คะแนน มีทั้งหมด 3 เนื้อหาย่อยคือ อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก จำนวน 7 ข้อ การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก จำนวน 8 ข้อ และการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 5 ข้อ

3.2 ครูจัดการเรียนรู้ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยใช้ 4D Elements ตามแผนที่1-6 จำนวน 9 ชั่วโมง

3.3 นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยข้อสอบเป็นชุดเดียวกับข้อสอบก่อนเรียน แต่มีการสลับตัวเลือกและข้อคำถามเพื่อลดการจำ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยจำแนก ความเข้าใจของนักเรียนออกเป็น 6กลุ่ม ซึ่งประยุกต์จาก Westbrook and Marek (Mungsing, 1993) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์	อักษรย่อ	ตัวเลือก	คะแนน	เหตุผล	คะแนน	คะแนนรวม
ความเข้าใจที่สมบูรณ์ Complete Understanding	CU	ถูก	1	ถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญ	2	3
ความเข้าใจถูกแต่ไม่สมบูรณ์ Partial Understanding	PU	ถูก	1	ถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน	1.5	2.5
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน Partial Understandingwith specific Alternative Conception	PS	ถูก ผิด	1 0	ถูกต้องแต่มีบางส่วนที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	1	2 1
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน Alternative Conception	AC	ถูก ผิด	1 0	ถูกต้องเป็นส่วนน้อย มีความคลาดเคลื่อนส่วนมาก	0.5	1.5 0.5
ไม่เข้าใจ No Understanding	NU	ถูก ผิด	1 0	ไม่ถูกต้อง	0	1 0
ไม่แสดงความคิด No Response	NR	ถูก ผิด	1 0	ไม่อธิบายเหตุผล	0	1 0

จากนั้นคำนวณหาความถี่ของคำตอบและรายงานโดยใช้ค่าร้อยละ เพื่อแสดงจำนวนของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มต่างๆ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่ได้จากการแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกด้วย 4D Elements ก่อนและหลังเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยประยุกต์จากเกณฑ์ ของ Westbrook and Marek

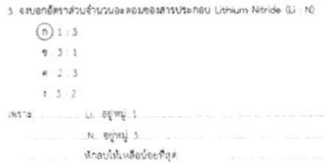
ตารางที่ 2 ร้อยละความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก เมื่อเรียนด้วย 4D Elements

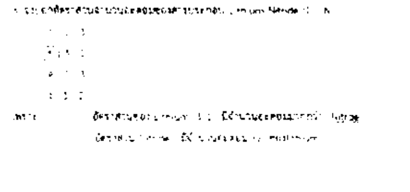
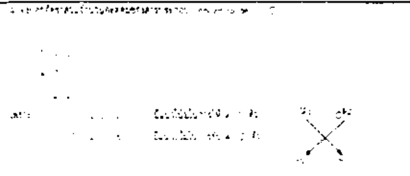
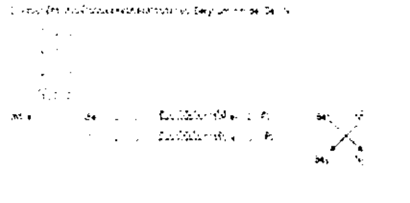
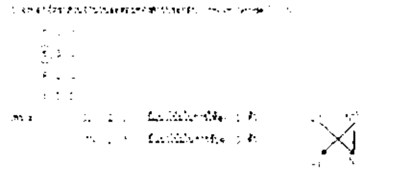
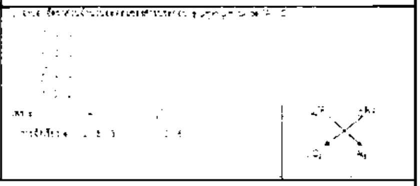
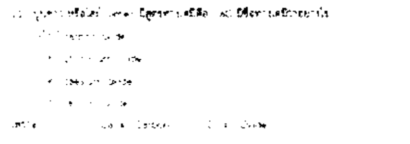
เนื้อหา	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)											
	CU		PU		PS		AC		NU		NR	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก	-	13.19	1.09	28.57	-	19.78	3.29	7.69	-	-	95.60	30.77
การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก	-	8.65	0.96	14.42	0.96	25.00	15.38	11.54	-	1.92	82.69	38.46
การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	15.38	24.61	1.54	1.54	6.15	10.77	4.61	21.53	-	1.54	72.30	40.00
รวมเฉลี่ย	3.85	14.23	1.15	16.15	1.92	19.61	8.46	12.69	-	1.15	84.61	36.15

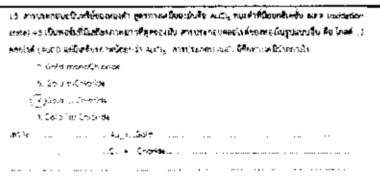
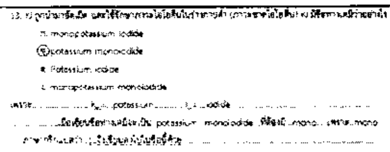
***หมายเหตุ** CU หมายถึงความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU หมายถึงความเข้าใจถูกแต่ไม่สมบูรณ์ PS หมายถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC หมายถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU หมายถึงไม่เข้าใจ NR หมายถึงไม่แสดงความคิด

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก หลังเรียนด้วย 4D Elements ดีขึ้น โดยมีนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มไม่อธิบายเหตุผล (NR) ลดลงจากร้อยละ 84.61 เหลืออยู่ ร้อยละ 40.00 และนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้อง สมบูรณ์เพิ่มขึ้น จากร้อยละ 3.84 เป็นร้อยละ 16.92 เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนการสอนได้ใช้สื่อแอปพลิเคชั่น ในกูเกิลเพลย์สโตร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ บนโทรศัพท์มือถือ หรือแท็บเล็ตซึ่งสามารถเชื่อมโยงออนไลน์กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นักเรียนจึงสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชจิรา แตงวันสี (2559) และมีนักเรียนที่ไม่เข้าใจ (NU) ร้อยละ 13.46 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแนวคิดต้องอาศัยความรู้ที่มากขึ้น และนักเรียนต้องเกิดการเรียนรู้สิ่งเหล่านั้นโดยปราศจากอคติ ซึ่งเป็นอุปสรรค์อย่างมากในการพัฒนาแนวคิดให้ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ (อัจฉรีรัตน์ ศิริ, 2558) ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน หลังเรียนเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกด้วย 4D Elements

ข้อ	ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน	ตัวอย่าง
อัตราส่วนการเกิดสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก (ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเหมือนกันเพราะเป็นความรู้ที่ใช้ต่อเนื่องกัน)		
1	**นักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับการสร้างพันธะไอออนิกและอัตราส่วนในการเกิดสารประกอบไอออนิก**	

ข้อ	ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน	ตัวอย่าง
		
2	นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ยังขาดองค์ประกอบสำคัญบางส่วน - ไม่ได้ระบุว่าเมื่อธาตุนั้นมีการให้และรับอิเล็กตรอนแล้ว เกิดเป็นไอออนชนิดใด และมีจำนวนประจุเท่าใด - ระบุจำนวนประจุ แต่ไม่ระบุชนิดของประจุ	 
	นักเรียนมีความเข้าใจ แต่ยังมีบางส่วนแสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อน - ระบุชนิดของประจุไม่ถูกต้อง	
	- ใขว้ประจุไม่ถูกต้อง	
การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก		
	นักเรียนเข้าใจหลักการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิกแต่ยังมีนักเรียนบางคนที่จำชื่อธาตุไม่ได้	

ข้อ	ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน	ตัวอย่าง
	นักเรียนเรียกชื่อธาตุได้ถูกต้อง แต่ไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับประจุของธาตุทรานซิชั่น	
	นักเรียนยังสับสนกับการอ่านชื่อสารประกอบไอออนิก กับโคเวเลนต์ นักเรียนคิดว่าอ่านชื่อเหมือนกับโคเวเลนต์ โดยมีการระบุจำนวนอะตอมของธาตุเป็นภาษากรีก	

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท DAQRI สำหรับผลงาน 4D Elements ผลงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งใน "โครงการศูนย์นวัตกรรมการศึกษาและพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์"ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากแผนงานบูรณาการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ภายใต้แผนงานบูรณาการเชิงยุทธศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2557). แบบจำลองอะตอมโมเลกุลทางเลือกสำหรับการสอนเรื่อง ทฤษฎีแรงผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโน-โลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้,* 5(2), 209–213.

ไชยา พรมโส ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2558). การศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนมติเรื่อง รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้,* 6(1), 57-69

ณัชธฤต เกื้อทาน ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง. (2554). แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์,* 17(2), 299-314.

ณัฏฐ์ ดิษเจริญ กรวัฒน์ พลเยี่ยม พนิดา วังคะฮาต และปุริม จารุจำรัส. (2557). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมีด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้.*วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้,*5(1), 21–27.

ทิพันพร โตสำลี. (2553). *ความรู้ความเข้าใจเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้.* การนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา (ครั้งที่ 4). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นุชจิรา แดงวันสี สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับสื่อประสมที่มีผลต่อความก้าวหน้าทางการเรียนและประสิทธิ์สหสัมพันธ์เรื่องตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 นวัตกรรมการศึกษาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม.

ศศินี อังกานนท์. (2557). *การใช้ดินสอมาสร้างโมเดล 3 มิติแสดงรูปร่างโมเลกุลโคเว-เลนต์ที่สอดคล้องกับทฤษฎี VSEPR.* ศูนย์บริการออนไลน์ด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม, 2559, จากเว็บไซต์ :http://www.mwit.ac.th/~chem/Inquiry/index.html.

ศิริธร อ่างแก้ว อริสรา อิสละรีย์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2559). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับเทคนิคการแข่งขันเกมแบบกลุ่ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 11(ฉบับพิเศษ), 109-124.

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2554). การเปรียบเทียบมโนมติก่อนและหลังเรียนเรื่องพันธะเคมีตามโมเดลการเรียนรู้ TS แบบกระดาษ. *วารสารวิจัย มข.* 1(1), 38–57.

อภิวัฒน์ศรีกัณหา และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2558). การศึกษามโนมติและตัวแทนความคิด เรื่องการเกิดพันธะไอออนิกของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 9(3), 213-221

อัจฉรีรัตน์ ศิริ ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2558). การสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารโคเวเลนต์และไอออนิกโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะ. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 6(2), 198-208

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.

Mungsing W. (1993). *Student s' Alternative Conception about Genetics and The Use of Teaching Strategies for Conceptual Change*. Doctor's Thesis: The University of Alberta.

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวทิพานัน ศรีสุขวัฒนกิจ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551–พ.ศ. 2555 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2556–ปัจจุบัน โรงเรียนหนองถ่มวิทยา อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนหนองถ่มวิทยา อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ อีเมลล์ tipanun3@gmail.com