การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

DEVELOPMENT OF ACHIEVEMENT IN CHEMISTRY AND SCIENTIFIC REASONING BY THE ANALOGY LEARNING APPROACH FOR GRADE 10 STUDENTS

พรสุดา ทันนา

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

พรสุดา ทันนา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF ACHIEVEMENT IN CHEMISTRY AND SCIENTIFIC REASONING BY THE ANALOGY LEARNING APPROACH FOR GRADE 10 STUDENTS

PORNSUDA TUNNA

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements

for MASTER OF EDUCATION (Chemistry)

Faculty of Science Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ของ

พรสุดา ทันนา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

.... ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แพน ทองเรือง)

.... ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

.... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒนะ)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ)

ชื่อเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย พรสุดา ทันนา
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา 2562
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แพน ทองเรือง

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ 1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3. แบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 72.56/72.29 และ 71.85/70.66 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70 ที่กำหนด และจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน ผลการวิจัย พบว่า จากสถิติทดสอบที (t-test for dependent samples) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และจากสถิติทดสอบที (t-test for independent samples) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคแบบอุปมาอุปไมยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การอุปมาอุปไมย, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, พันธะโคเวเลนต์

Title	DEVELOPMENT OF ACHIEVEMENT IN CHEMISTRY AND SCIENTIFIC REASONING BY THE ANALOGY LEARNING APPROACH FOR GRADE 10 STUDENTS
Author	PORNSUDA TUNNA
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Pan Tongraung

This study aimed to develop an analogy learning approach on the topic of covalent bond for Grade 10 students. The academic achievement and scientific reasoning ability were compared between students who learned about covalent bond through the analogy learning approach and other students who learned the topic using a conventional method. The research instruments included (1) lesson plans using the analogy learning approach and the conventional method; (2) a learning achievement test; and (3) a scientific reasoning ability test. The analogy learning approach and conventional method efficiency E_1/E_2 were 72.56/72.29 and 71.85/70.66 respectively, which was under the threshold of 70/70. The population was Grade 10 students from an extra-large secondary school in Bangkok, during the first semester of the 2018 academic year and selected using the cluster random sampling method. They were divided into two groups. The experimental group consisted of thirty-five students who learned using the analogy learning approach and the control group of thirty-five students learned using the conventional method. The findings revealed that the t-test for dependent sample indicated that the students who learned about covalent bond through the analogy learning approach significantly increased their learning achievement and scientific reasoning ability after learning better than before at a statistically significant level of .05. The t-test for independent sample showed that the students who learned about covalent bond through the analogy learning approach gained significantly in terms of learning achievement and scientific reasoning ability better than the students who learned the topic through conventional method at a statistically significant level of .05.

Keyword : analogy learning approach, academic achievement, scientific reasoning, covalent bond

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาและการให้คำปรึกษาแนะแนวทางจากผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.แพน ทองเรือง ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒนะ ที่ให้ความกรุณาในการเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ ให้ความกรุณาในการเป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.มะยูโซ๊ะ กูโน อาจารย์ ดร.ชัชฎาภรณ์ พิณทอง และอาจารย์พรเพชร พานทอง ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์พรเพชร พานทอง และอาจารย์ธีราภรณ์ ผลกอง ที่ให้ความอนุเคราะห์ดำเนินการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 ที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความร่วมมือในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และให้ความร่วมมือในการดำเนินการทดลอง ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการศึกษาและวิจัย จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และสมาชิกครอบครัวทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นกำลังใจตลอดมา ขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่อยู่เคียงข้างกันเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา และครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

พรสุดา ทันนา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญตาราง .... ญ

สารบัญรูปภาพ .... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ความสำคัญของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย 10

สมมติฐานของการวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

1. การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 12

1.1 วิเคราะห์หลักสูตร และมาตรฐานการศึกษา สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 12

1.2 สาระสำคัญ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 13

1.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 14

2. การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง 18

2.1 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 18

2.2 หลักการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 20
2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 22
3. การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย 23
3.1 ความหมายของการอุปมาอุปไมย 23
3.2 ประเภทของการอุปมาอุปไมยในการสอนวิทยาศาสตร์ 23
3.3 หลักการพื้นฐานของเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย 25
3.4 รูปแบบการสอนด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย 27
3.5 ข้อควรระวังในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย 30
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 32
4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 32
4.2 ประเภทการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 32
4.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 33
5. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 37
5.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 37
5.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 38
5.3 แนวทางการวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 40
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44
6.1 งานวิจัยในประเทศ 44
6.2 งานวิจัยต่างประเทศ 47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 50
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 50
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51
การเก็บรวบรวมข้อมูล 71

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 72

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 75

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 76

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ... 89

ความมุ่งหมายของการวิจัย 89

สมมติฐานของการวิจัย.. 89

วิธีดำเนินการวิจัย 90

สรุปผลการวิจัย 93

อภิปรายผลการวิจัย 94

ข้อเสนอแนะ 104

บรรณานุกรม.. 105

ภาคผนวก.. 113

ประวัติผู้เขียน.. 189

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ 15

ตาราง 2 การใช้ FAR Guide ในการเรียนการสอนด้วยเทคนิคอุปมาอุปไมย 29

ตาราง 3 แสดงการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 51

ตาราง 4 แสดงแผนปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 54

ตาราง 5 ข้อเสนอแนะจากการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ 61

ตาราง 6 จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 64

ตาราง 7 เกณฑ์การให้คะแนนการเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือยืนยันข้อสรุป 67

ตาราง 8 แบบแผนการทดลองแบบ Non-randomized control group pretest-posttest design 71

ตาราง 9 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1) และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (E_2) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 30 คน 76

ตาราง 10 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1) และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (E_2) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 30 คน 77

ตาราง 11 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย... 78

ตาราง 12 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน 79

ตาราง 13 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย 80

ตาราง 14 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน 81

ตาราง 15 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 83

ตาราง 16 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 84

ตาราง 17 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ 86

ตาราง 18 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย กับนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ 87

ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 117

ตาราง 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 118

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 119

ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ตอนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป) 121

ตาราง 23 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ตอนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์) 122

ตาราง 24 แสดงผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 123

ตาราง 25 แสดงผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป 125

ตาราง 26 แสดงผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 126

ตาราง 27 แสดงประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย127

ตาราง 28 แสดงประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ....................................... 128

ตาราง 29 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ก่อนเรียนและหลังเรียน 130

ตาราง 30 แสดงคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ก่อนเรียนและหลังเรียน 132

ตาราง 31 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 134

ตาราง 32 แสดงคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 136

ตาราง 33 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ (2 คาบเรียน) 139

ตาราง 34 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน) 140

ตาราง 35 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน) 142

ตาราง 36 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องสารโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (1 คาบเรียน) .. 143

ตาราง 37 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (3 คาบเรียน).......................... 144

ตาราง 38 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน) 146

ตาราง 39 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน) 147

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 10

ภาพประกอบ 2 ขอบเขตของการเรียนรู้ของ Vygotsky.. 19

ภาพประกอบ 3 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 80

ภาพประกอบ 4 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 82

ภาพประกอบ 5 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 85

ภาพประกอบ 6 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 88

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายสำคัญ คือ การเตรียมความพร้อมให้นักเรียนทุกคนมีการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) สามารถนำความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยี ตระหนักถึงคุณค่าของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบต่อสังคม และสามารถนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยการอาศัยตัดสินใจด้วยข้อมูลที่หลากหลาย มีประจักษ์พยานที่สามารถตรวจสอบได้อย่างสมเหตุสมผล นักเรียนจึงจำเป็นต้องพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและการคิดขั้นสูง ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560; สุนีย์ คล้ายนิล, 2555) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นการเชื่อมโยงระหว่างความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เก็บข้อมูล หาหลักฐานประจักษ์พยาน ตีความแปลความ สร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุปเป็นความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการให้เหตุผลที่สนับสนุนคำอธิบายหรือข้อสรุป (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556a; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) แต่อย่างไรก็ตามการทำความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้น ยังคงเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียน เนื่องจากหลายปรากฏการณ์มีความซับซ้อน เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและห่างไกลจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน จึงยากต่อการทำความเข้าใจและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Chiappetta, 1997)

วิชาเคมีเป็นสาขาหนึ่งในวิทยาศาสตร์ ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารและการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีความซับซ้อน เป็นนามธรรม และห่างไกลจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน จึงมักพบว่าเคมีเป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Nakhleh, 1992) โดยเฉพาะเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ ที่ศึกษาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสมบัติของสารที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและปฏิกิริยาเคมี พันธะโคเวเลนต์จึงเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ในระดับอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ห่างไกลจากประสบการณ์ใน

ชีวิตประจำวัน และต้องอาศัยจินตนาการเพื่อสร้างคำอธิบาย จึงเป็นเรื่องที่ยากในการอธิบายให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย (alternative concept) (Coll, 2009; Temel, 2016) จากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ กฎออกเตต รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของพันธะและโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยนักเรียนเข้าใจว่า สารประกอบโคเวเลนต์เป็นการรวมตัวของอะตอมธาตุโลหะกับอโลหะ พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอม อะตอมกลางจะใช้อิเล็กตรอนวงนอกสุดทุกอิเล็กตรอนเพื่อสร้างพันธะ สภาพขั้วพันธะสามารถทำนายรูปร่างโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงภายในโมเลกุล (Peterson, 1989; Unal, 2010; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) นอกจากนี้ นักเรียนยังไม่สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสและทำนายรูปร่างโมเลกุลด้วยทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ซึ่งมีสาเหตุจากเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ที่มีความเป็นนามธรรม นักเรียนมีอุปสรรคกับสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเรียน และการจัดการเรียนรู้ของครูมักขัดแย้งกับธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งครูพยายามให้ข้อมูลแก่นักเรียนโดยปราศจากการตั้งคำถามและลงมือทำกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ, 2558)

จากปัญหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนข้างต้น Alex H. Johnstone (1993) จึงเสนอวิธีการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางเคมีอย่างสมบูรณ์ โดยนักเรียนต้องมีความเข้าใจและสามารถเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค (macroscopic) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ทางกายภาพและสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ระดับจุลภาค (sub-microscopic) เป็นการเปลี่ยนแปลงภายในอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง และระดับสัญลักษณ์ (symbolic) เป็นการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีและคณิตศาสตร์แสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ จึงควรเน้นให้นักเรียนมีโอกาสได้ทำกิจกรรม สังเกต ค้นคว้า และตรวจสอบอย่างเป็นระบบ โดยผ่านกระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เคมีทั้งสามระดับ (American Chemical Society, 2012) ซึ่งนักการศึกษาเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้หลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้ด้วยแบบจำลอง เป็นการอธิบายแนวคิด ทฤษฎี และปรากฏการณ์ด้วยแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น การจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อการสอน เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยภาพเคลื่อนไหว และการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยการเปรียบเทียบลักษณะที่เหมือนและแตกต่างระหว่างแนวคิดที่

นักเรียนคุ้นเคยกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการเรียนรู้ โดยใช้การอุปมาอุปไมยด้วยคำพูด ข้อความ (verbally) รูปภาพ (picture) แบบจำลอง (model) ภาพเคลื่อนไหว (animation) หรือการแสดงบทบาทสมมติ (role play) ซึ่งการอุปมาอุปไมยจะช่วยสร้างภาพปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองด้วยตาเปล่าให้มองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น และทำให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางเคมีที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น (Kuo, 2015)

ดังนั้น การอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าให้มองเห็นเป็นรูปธรรม จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย (analogy technique) ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ด้วยการนำแนวคิดหรือประสบการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาอธิบาย สื่อความหมาย และเปรียบเทียบกับแนวคิดหรือประสบการณ์ใหม่ที่ต้องการเรียนรู้ โดยเรียกแนวคิดที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบว่า Analog และเรียกแนวคิดที่ต้องการเรียนรู้ว่า Target การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมีที่ศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งมีความซับซ้อน เป็นนามธรรม และยากต่อการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยตรงแก่นักเรียน เนื่องจากมีการใช้ตัวแทน (representation) เป็นสื่อกลางสร้างความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับจุลภาคที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยนำเอาสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาอธิบายและเปรียบเทียบกับเนื้อหาระดับอะตอมหรือโมเลกุลที่ต้องการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Coll, 2009; Glynn, 2007; Orgill, 2004) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และส่งผลเชิงบวกต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบแนวคิดที่เป็นนามธรรมกับสิ่งที่มองเห็นหรือประสบการณ์ที่คุ้นเคย ทำให้การสร้างความเข้าใจและอธิบายแนวคิดที่เป็นนามธรรมง่ายขึ้น (Coll, 2009; Piquette, 2005; Sarantopoulos, 2004) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยยังช่วยพัฒนาความจำ การประยุกต์ใช้ การให้เหตุผล และความคิดสร้างสรรค์ โดยผ่านการเรียนรู้ด้วยการแยกส่วนประกอบและการเชื่อมโยงข้อมูล ที่มีการให้เหตุผลเชิงอุปนัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ (Gust, 2008; Harrison, 2006) และจากการสอบถามนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย พบว่า นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น และรู้สึกว่าการสอนแบบอุปมาอุปไมยเป็นเรื่องไม่ซับซ้อน คุ้นเคย และง่ายต่อ

การจดจำ (Coll, 2009; Harrison, 2006; Orgill, 2004) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยคาดหวังว่านักเรียนจะเกิดความเข้าใจตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และไม่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้วิชาเคมีในเนื้อหาต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพ

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งพัฒนาขึ้นตามบริบทของประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยอย่างเป็นระบบในโรงเรียน และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวคิดทางเคมีที่สมบูรณ์ มีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) จากทั้งหมด 4 ห้องเรียน และใช้การสุ่มอย่างง่ายภายในสองห้องเรียน เพื่อกำหนดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน

กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ วิธีการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จำแนกเป็น

   1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

   1.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ตัวแปรตาม คือ

   2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์

   2.2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วย

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์
2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์
3. พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์
4. สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นตามกฎออกเตต
5. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์
6. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์
7. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้ระยะเวลารวม 14 คาบเรียน ประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียน 2 คาบเรียน การจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ 10 คาบเรียน และการทดสอบหลังเรียน 2 คาบเรียน ในช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน 2561

นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. **การอุปมาอุปไมย** หมายถึง การเปรียบเทียบลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกันระหว่างแนวคิดที่คุ้นเคยกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ต้องการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น จากการเปรียบเทียบและเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สามารถสังเกตได้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2. **การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย** หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ที่นำเอาสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน มาอธิบายและเปรียบเทียบกับเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ระดับอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น การอธิบายแรงดึงและผลักของโปรตอนกับอิเล็กตรอนในกระบวนการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจนด้วยแรงดึงและผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับขั้วใต้ การอธิบายพันธะโคเวเลนต์ด้วยการซ้อนทับของแผ่นพลาสติกโดยใช้แผ่นพลาสติกรูปวงกลมแทนอะตอมและเข็มหมุดแทนเวเลนต์อิเล็กตรอน และการอธิบายรูปร่างโมเลกุลด้วยการจัดเรียงตัวของลูกโป่งและใช้ดินน้ำมันกับเข็มหมุดแสดงรูปร่างโมเลกุล เพื่อให้นักเรียนมองเห็นปรากฏการณ์ทางเคมีเป็นรูปธรรม และสามารถอธิบายเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน

2.1 ขั้นนำ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสังเกตและอธิบายสมบัติทางกายภาพของสารประกอบโคเวเลนต์หรือปรากฏการณ์ทางเคมีที่สังเกตได้ในระดับมหภาค เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ พร้อมตั้งคำถามและกำหนดปัญหาที่จะศึกษาจากการสังเกต โดยครูเป็นผู้นำเสนอปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น การสาธิตการเบี่ยงเบนของโมเลกุลมีขั้วในสนามไฟฟ้าสถิต

2.2 ขั้นสอน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในประเด็นคำถามที่สนใจ โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยแบบ Teaching-With-Analogy Model (TWA) ด้วยการนำเอาสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน มาอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ ประกอบด้วยการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (introduce the target concept) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนศึกษาแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ ที่ใช้ในการอธิบายสมบัติทางกายภาพหรือปรากฏการณ์ทางเคมีของสารประกอบโคเวเลนต์ที่ได้จากการสังเกต ด้วยการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล จากการลงมือปฏิบัติหรือผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (review the analogue concept) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ด้วยสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น แรงดึงและแรงผลักของแท่งแม่เหล็ก การซ้อนทับของแผ่นพลาสติก และการจัดเรียงตัวของลูกโป่ง ซึ่งจะช่วยให้มองเห็นภาพและอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ชัดเจนขึ้น

2.2.3 ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในเปรียบเทียบ (identify the relevant features of target and analogue) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนระบุ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งที่มานำใช้ในการอธิบายแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ เพื่อเปรียบเทียบและเชื่อมความสัมพันธ์ของสิ่งที่คุ้นเคยกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ต้องการเรียนรู้ เช่น จำนวนเข็มหมุดที่อยู่ในบริเวณที่เกิดการทับซ้อนของแผ่นพลาสติก เปรียบเทียบได้กับจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์

2.2.4 ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ (connect similarities between the target and analogue) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายความคล้ายคลึงกันระหว่างสิ่งที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.2.5 ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ (indicate the limitations of the analogy) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เมื่อนำสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.2.6 การสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (draw conclusions) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสรุปและอธิบายความเข้าใจแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ที่ได้เรียนรู้ พร้อมแสดงปรากฏการณ์ทางเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในรูปแบบสัญลักษณ์เคมีหรือสมการเคมี

2.3 ขั้นสรุปและประเมินผล เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยครูผู้ตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และประเมินความรู้จากการตอบคำถาม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3. **การจัดการเรียนรู้แบบปกติ** หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้การจัดประสบการณ์การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนได้คิดและค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นขั้นการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม และกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ด้วยการสังเกตรูปภาพโมเลกุล สมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์ หรือการใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่จะศึกษา โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากเรียนรู้และเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียม

3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นขั้นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูล จากการลงมือปฏิบัติหรือผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถสร้างความเข้าใจในประเด็นคำถามที่ศึกษา โดยครูเป็นผู้คอยแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

3.3 ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นขั้นการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอความรู้ของตนเองเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ในรูปแบบแผนภาพหรือตารางแสดงความสัมพันธ์ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันลงข้อสรุปจากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยครูเป็นผู้ตั้งคำถามที่เป็นแนวทางนำไปสู่การลงข้อสรุป

3.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นการขยายความรู้และความเข้าใจของนักเรียนไปสู่แนวคิดใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่กว้างขวางมากขึ้น โดยครูเป็นผู้ยกตัวอย่างหรือนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้และความเข้าใจที่สร้างขึ้นมาประยุกต์ใช้

3.5 ขั้นประเมินผล (evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้และความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถาม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียนของแผนการจัดการเรียนรู้

4. **ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้** หมายถึง การนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ไปทดสอบด้วยกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ โดยมีค่าประสิทธิภาพระหว่างเรียนต่อประสิทธิภาพหลังเรียน E_1/E_2 เป็นไปตามเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 70/70

5. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี** หมายถึง ความสามารถหรือความสำเร็จของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งวัดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สำหรับใช้ทดสอบก่อนและหลังเรียน มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที (1 คาบเรียน) โดยวัดจากพฤติกรรมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นของบลูม 4 ด้าน ดังนี้

5.1 การจำ (remembering) หมายถึง ความสามารถที่ระลึกได้ในสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว เป็นการตอบคำถามที่มีคำตอบแน่นอน จำนวน 5 ข้อ

5.2 การเข้าใจ (understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความรู้จากกราฟการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โครงสร้างลิวอิส หรือรูปร่างโมเลกุล จำนวน 10 ข้อ

5.3 การประยุกต์ใช้ (applying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ ไปใช้ในการเขียนโครงสร้างลิวอิส ทำนายรูปร่างโมเลกุล จำแนกชนิดของสภาพขั้วของโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 10 ข้อ

5.4 การวิเคราะห์ (analyzing) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบและเรียงลำดับคุณสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์ จำนวน 5 ข้อ

6. **ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนที่มีต่อข้อสรุปและการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดจากแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สำหรับทดสอบก่อนและหลังเรียน ใช้เวลา 50 นาที (1 คาบเรียน) ประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบ ดังนี้

6.1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Anton E. Lawson ที่มีข้อคำถามและเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ จำนวน 10 เหตุการณ์ หรือ 20 ข้อสอบ

6.2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย ประกอบด้วย ข้อคำถามและการเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือยืนยันข้อสรุปจำนวน 10 เหตุการณ์ หรือ 10 ข้อสอบ

7. **กลุ่มทดลอง** หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

8. **กลุ่มควบคุม** หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E inquiry cycle) ที่ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามนโยบายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ		**ตัวแปรตาม**
วิธีการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำแนกเป็น 1. การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย 2. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	⇨	1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ 2. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 วิเคราะห์หลักสูตร และมาตรฐานการศึกษา สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์วิชาเคมี ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.2 สาระสำคัญ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

1.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะโคเวเลนต์

2. การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.1 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.2 หลักการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3. การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

3.1 ความหมายของการอุปมาอุปไมย

3.2 ประเภทของการอุปมาอุปไมยในการสอนวิทยาศาสตร์

3.3 หลักการพื้นฐานของเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

3.4 รูปแบบการสอนด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

3.5 ข้อควรระวังในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2 ประเภทการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5.3 แนวทางการวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 วิเคราะห์หลักสูตร และมาตรฐานการศึกษา สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) ได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรของสถานศึกษาและการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยให้มีคุณภาพด้านความรู้และมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา รู้จักการแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ที่ระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ที่ต้องการให้เกิดแก่นักเรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ คือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี สำหรับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามสาระการเรียนรู้ ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และเทคโนโลยี รวมทั้งสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

สำหรับการวิจัยนี้ได้ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลัก และธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยมีตัวชี้วัดช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) ประกอบด้วย 1. ระบุว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม และระบุจำนวนคู่อิเล็กตรอน ระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะจากสูตรโครงสร้าง 2. ระบุสภาพขั้วของสารที่โมเลกุลประกอบด้วยสองอะตอม 3. ระบุสารที่เกิด

พันธะไฮโดรเจนได้จากสูตรโครงสร้าง และ 4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตามสภาพขั้วหรือการเกิดพันธะไฮโดรเจน และมีการกำหนดคุณภาพนักเรียน เมื่อจบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 คือ นักเรียนเข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่างๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยวและพันธะเคมี จากการพิจารณาสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี กำหนดคุณภาพนักเรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ คือ นักเรียนเข้าใจพันธะเคมีและสมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี ซึ่งมีผลการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามด้วยโครงสร้างลิวอิส 2. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ 3. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวและพลังงานพันธะในสารประกอบโคเวเลนต์ 4. คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 5. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์

1.2 สาระสำคัญ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

พันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเคมีชนิดหนึ่งที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอะตอมของธาตุอโลหะ ด้วยการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดเป็นโมเลกุล โดยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว เขียนแทนด้วยเส้นพันธะ 1 เส้น ในโครงสร้างโมเลกุล ส่วนการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ และ 3 คู่ เรียกว่า พันธะคู่ และพันธะสาม ตามลำดับ ซึ่งเขียนแทนด้วยเส้นพันธะ 2 เส้น และ 3 เส้น ซึ่งสารที่มีการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือมีพันธะภายในโมเลกุลเป็นพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า สารประกอบโคเวเลนต์ ถ้าสารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยอะตอมสองอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ชนิดไม่มีขั้ว ส่วนสารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยอะตอมสองอะตอมของธาตุต่างชนิดกัน เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ชนิดมีขั้ว และสำหรับสารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยอะตอมมากกว่าสองอะตอมอาจเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ชนิดมีขั้วหรือไม่มีขั้ว ขึ้นอยู่กับรูปร่างของโมเลกุลที่สามารถคาดคะเนโดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (valence shell electron pair repulsion: VESPR) โดยสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์จะส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ทำให้จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์แตกต่างกัน นอกจากนี้สารประกอบโคเวเลนต์บางชนิดที่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าปกติ เกิดจากมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงที่เรียกว่าพันธะไฮโดรเจน ซึ่งสารเหล่านี้มีพันธะ N-H, O-H, หรือ F-H ภายในโครงสร้างโมเลกุล (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556b) ได้สรุปลำดับแนวความคิด เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเริ่มจากการศึกษาพันธะภายในโมเลกุลของไฮโดรเจน การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ โครงสร้างเรโซแนนซ์ รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ สภาพขั้วและทิศทางของขั้วพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมทั้งศึกษาสมบัติที่แตกต่างกันของสารประกอบโคเวเลนต์ประเภทโมเลกุลชนิดไม่มีขั้วกับโมเลกุลชนิดมีขั้ว และอธิบายความสัมพันธ์ของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์กับจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์

การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ นักเรียนจะได้ศึกษาแนวคิด เรื่องพันธะโคเวเลนต์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตสาระการเรียนรู้ และแบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ พันธะโคเวเลนต์ กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ซึ่งครอบคลุมสาระการเรียนรู้และเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (alternative conceptions) หมายถึง ความรู้หรือความเข้าใจของนักเรียนที่ไม่สมบูรณ์หรือเบี่ยงเบนไปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเกิดจากประสบการณ์หรือความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียน (preconceptions) โดยแนวคิดนี้อาจแตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง แตกต่างเพียงบางส่วน หรืออาจสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Luxford, 2014; Taber, 2011; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) โดยในการจัดการเรียนรู้ครูจำเป็นต้องศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับเนื้อหาที่ต้องการเรียนรู้ และเป็นข้อมูลพื้นฐานให้ครูได้ใช้ในการตัดสินใจว่าจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน รวมทั้งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำประเด็นดังกล่าว เพื่อปรับเปลี่ยนหรือเชื่อมโยงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่ตรงกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Eberle. F & Keeley. P, 2008; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551)

แนวคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ จัดเป็นแนวคิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ที่อธิบายถึงแรงที่กระทำภายในโมเลกุลและลักษณะของพันธะที่ยึดเหนี่ยวอะตอมเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและการเกิดขึ้นของพันธะโคเวเลนต์จะเป็นพื้นฐานของความเข้าใจแนวคิดทางเคมี การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร (Awan, 2013) อย่างไรก็ตามพันธะโคเวเลนต์เป็นแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรม นักเรียนไม่สามารถมองเห็นอะตอม โครงสร้างอะตอม และกระบวนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอะตอม จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย (Peterson, 1989) จากการศึกษางานวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ กฎออกเตต โครงสร้างลิวอิส รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (Luxford, 2014; Özmen, 2004; Peterson, 1989; Unal, 2010; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ผู้วิจัยนำเสนอเป็นประเด็นต่างๆ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์

เนื้อหา	ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน
1. **การเกิดพันธะโคเวเลนต์**	- พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมโลหะกับอโลหะ - พันธะโคเวเลนต์เกิดจากรวมตัวของอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกติวิตีแตกต่างกันมาก - กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ อะตอมเคลื่อนที่หาใกล้กันด้วยแรงดึงดูดจากอิเล็กตรอนในแต่ละอะตอม
2. **กฎออกเตต**	- พันธะโคเวเลนต์เป็นการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ๆ เพื่อให้แต่ละอะตอมมีเวเลนต์อิเล็กตรอนครบแปดเท่านั้น - อะตอมกลางของโมเลกุลจะใช้ทุกเวเลนต์อิเล็กตรอนเพื่อสร้างพันธะโคเวเลนต์
3. **โครงสร้างลิวอิส**	- เครื่องหมายจุด (•)ที่แสดงในสัญลักษณ์ของลิวอิส แทนอิเล็กตรอนทั้งหมดในโมเลกุลโคเวเลนต์ - พันธะโคเวเลนต์ คือ เครื่องหมายขีด (—) - ระยะระหว่างจุด (•) แสดงพื้นที่ที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอม
4. **รูปร่างโมเลกุล**	- รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่านั้น - รูปร่างโมเลกุลเกิดจากแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะหรืออิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเพียงอย่างเดียวเท่านั้น - สภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์สามารถใช้ทำนายรูปร่างโมเลกุลได้

ตาราง 1 (ต่อ)

เนื้อหา	ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน
5. สภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์	- พันธะโคเวเลนต์ทุกพันธะมีการใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่าๆ กันเสมอ - อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมีผลต่อตำแหน่งของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์
6. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	- รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีผลต่อสภาพขั้วของโมเลกุล - โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีรูปร่างสมมาตรจะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วทั้งหมด - โมเลกุลที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลมีขั้วทั้งหมด - โมเลกุลไม่มีขั้วเกิดขึ้นจากการสร้างพันธะโคเวเลนต์กันระหว่างอะตอมที่ค่าอิเล็กโทรเนกาตีวิตีเท่ากันหรือใกล้เคียงกันเพียงเท่านั้น - การพิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์สามารถใช้พิจารณาทั้งสารประกอบ
7. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	- แรงระหว่างยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นแรงภายในโมเลกุล - โมเลกุลที่มีแรงระหว่างยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิดแรงระหว่างขั้วหรือพันธะไฮโดรเจนจะไม่มีแรงแผ่กระจายลอนดอน - พันธะไฮโดรเจนเกิดกับโมเลกุลที่มีพันธะระหว่าง H กับ F O และ N เท่านั้น - พันธะไฮโดรเจนแข็งแรงกว่าพันธะโคเวเลนต์ - เมื่อสารเปลี่ยนรูปร่าง จะทำให้พันธะโคเวเลนต์ถูกทำลาย

จากตาราง 1 จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ ในประเด็นการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยนักเรียนมีความสับสนระหว่างพันธะโคเวเลนต์และพันธะไอออนิก เช่น พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอโลหะ พันธะโคเวเลนต์เป็นการรวมตัวของอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกติวิตีต่างกันมาก (Luxford, 2014; Unal, 2010) นอกจากนี้ นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ อะตอมจะเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยแรงดึงดูดจากอิเล็กตรอนในแต่ละอะตอม (Unal, 2010) ประเด็นกฎออกเตต เช่น พันธะโคเวเลนต์เป็นการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ๆ เพื่อให้แต่ละอะตอมมีเวเลนต์อิเล็กตรอนครบแปดเท่านั้น (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) อะตอมกลางของโมเลกุลโคเวเลนต์จะใช้ทุกเวเลนต์อิเล็กตรอนเพื่อสร้างพันธะโคเวเลนต์ เช่น ไนโตรเจนซึ่งเป็นอะตอมในหมู่ VA สามารถใช้ทั้ง 5 เวเลนต์อิเล็กตรอนเพื่อสร้างพันธะโคเวเลนต์ (Peterson, 1989; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ประเด็นโครงสร้างลิวอิส เช่น เครื่องหมายจุด (•) ที่แสดงในสัญลักษณ์ของลิวอิส แทนอิเล็กตรอนทั้งหมดในโมเลกุลโคเวเลนต์ พันธะโคเวเลนต์คือ เครื่องหมายขีดหรือเส้น (**−**) และ ระยะห่างระหว่างจุด (•) แทนพื้นที่ที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

ระหว่างอะตอม (Luxford, 2014) นอกจากนี้ยัง พบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสแบบจุดเพื่ออธิบายพันธะโคเวเลนต์ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ประเด็นรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่านั้น (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) รูปร่างโมเลกุลเกิดจากแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะหรือแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเพียงอย่างเดียวเท่านั้น (Özmen, 2004; Peterson, 1989; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) และสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์สามารถใช้ทำนายรูปร่างโมเลกุล (Peterson, 1989) นอกจากนี้ยัง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจการทำนายรูปร่างโมเลกุลด้วยทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (valence shell electron pair repulsion: VESPR) แต่ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทำนายรูปร่างโมเลกุลให้ถูกต้องได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ประเด็นสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์ เช่น พันธะโคเวเลนต์ทุกพันธะจะมีการใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่าๆ กันเสมอ (Özmen, 2004) อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมีผลต่อตำแหน่งของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและสภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์ (Özmen, 2004) ประเด็นสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น รูปร่างโมเลกุลไม่มีผลต่อสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง, 2543) โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีรูปร่างสมมาตรจะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วทั้งหมด โมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจะเป็นโมเลกุลมีขั้วทั้งหมด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) โมเลกุลไม่มีขั้วเกิดขึ้นจากการสร้างพันธะโคเวเลนต์กันระหว่างอะตอมที่ค่าอิเล็กโทรเนกาตีวิตีเท่ากันหรือใกล้เคียงกันเท่านั้น (Peterson, 1989; Unal, 2010) การพิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์สามารถใช้พิจารณาทั้งสารประกอบโคเวเลนต์ที่เป็นโมเลกุลและกลุ่มของไอออน เช่น NH_4^+ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) และประเด็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ นักเรียนสับสนเกี่ยวพันธะโคเวเลนต์กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โดยเข้าใจว่า แรงระหว่างยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงภายในโมเลกุล หรือ แรงระหว่างยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะเคมีประเภทหนึ่ง (Peterson, 1989; Unal, 2010; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) นอกจากนี้ นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าโมเลกุลที่มีแรงระหว่างยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิดแรงระหว่างขั้วหรือพันธะไฮโดรเจนจะไม่มีแรงแผ่กระจายลอนดอน พันธะไฮโดรเจนเกิดกับโมเลกุลที่มีพันธะระหว่าง H กับ F, O และ N เท่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) พันธะไฮโดรเจนแข็งแรงกว่าพันธะโคเวเลนต์ (Barker & Millar, 2000; Nicoll, 2001) และเมื่อสารเปลี่ยนรูปร่างจะทำให้พันธะโคเวเลนต์ถูกทำลาย (Unal, 2010)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ กฎออกเตต โครงสร้างลิวอิส รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของพันธะและโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เพื่อปรับเปลี่ยนหรือเชื่อมโยงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้องและตรงกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

2. การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของนักเรียน นักเรียนเป็นผู้กระทำและสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองจากประสบการณ์ที่ได้พบเห็นร่วมกับความรู้ที่มีอยู่เดิม จนเกิดเป็นแนวคิด ความเชื่อ และทักษะต่างๆ

2.1 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.1.1 การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงปัญญา (cognitive constructivism)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของ Piaget เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเอง เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของนักเรียน ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว พร้อมซึมซาบข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมซึ่งถือเป็นประสบการณ์ใหม่ จากนั้นสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อนกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ หากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ได้ สิ่งที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นองค์ความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง ซึ่ง Piaget ได้อธิบายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสร้างองค์ความรู้ไว้ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการปรับตัว (adaptation) เป็นกระบวนการที่บุคคลหาหนทางที่จะปรับสภาพความไม่สมดุลทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว และกระบวนการจัดระบบโครงสร้าง (organization) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว โครงสร้างทางสมองจะถูกจัดระบบให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจนเกิดเป็นรูปแบบของความคิด โดยกระบวนการปรับตัว ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 2 ประการ คือ (ทิศนา แขมมณี, 2555)

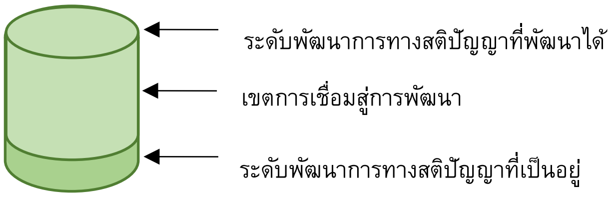
1. กระบวนการซึมซาบ (assimilation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และซึมซาบประสบการณ์ใหม่เชื่อมโยงสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายกัน แล้วสมองจะรวบรวมและปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างของความคิดที่มีอยู่เดิมเกิดเป็นสภาวะสมดุลทางความคิด

2. กระบวนการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการซึมซาบประสบการณ์ใหม่เข้ามาและปรับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิดเดิม โดยสมองจะสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาเพื่อปรับและขยายให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ หากนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิม จะเกิดสภาวะไม่สมดุลทางความคิด ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ และต้องการหาวิธีสร้างความหมายเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากประสบการณ์ใหม่เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดเดิม จนในที่สุดสามารถเชื่อมโยงและสร้างความหมายขึ้นภายในตัวของนักเรียน เกิดเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความคิดอีกครั้ง

จากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงปัญญา สรุปได้ว่า การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญต่อการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เนื่องจากการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจะทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่เพื่อนำมาเชื่อมโยงและปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา จนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่มีความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นเอง

2.1.2 **การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคม** (social constructivism)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของ Vygotsky เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นจากข้อตกลงร่วมกัน เกิดจากการสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยเชื่อว่าผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า เช่น ผู้ใหญ่ พ่อแม่ ครู หรือ เพื่อน จะที่ช่วยเหลือ แนะนำ และพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคล และเมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมกับกิจกรรม มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิมให้ถูกต้อง นอกจากนี้ Vygotsky ได้อธิบายเกี่ยวกับขอบเขตของการเรียนรู้ (zone of proximal development) ซึ่งหมายถึง ช่วงห่างระหว่างระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่เป็นอยู่ ซึ่งดูจากปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยตนเอง กับระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่พัฒนาได้ ซึ่งดูจากปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขด้วยตนเอง แต่อาจแก้ไขปัญหาได้หากได้รับการแนะนำ ช่วยเหลือ หรือการร่วมงานกับผู้ใหญ่หรือเพื่อนในวัยเดียวกันแต่มีความสามารถมากกว่า ทำให้เกิดการเรียนรู้ การเพิ่มพูนความรู้ความสามารถ และพัฒนาการทางสติปัญญาขึ้นจนแก้ปัญหานั้นได้ด้วยตนเอง ดังรูป โดยขอบเขตของการเรียนรู้นี้ จะมีความแตกต่างกันในแต่บุคคล (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2559)



ภาพประกอบ 2 ขอบเขตของการเรียนรู้ของ Vygotsky

จากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคม สรุปได้ว่า การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างนักเรียนกับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เนื่องจากเมื่อนักเรียนทำกิจกรรมร่วมกับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่าจะทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ที่มีความหมายกับตนเองด้วยการสังเกตพฤติกรรมการแนะนำ และการช่วยเหลือจากผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า

2.2 หลักการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นการสร้างสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดโครงสร้างความรู้และความคิดใหม่ ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลและสิ่งแวดล้อมรอบตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ระดับสติปัญญาและความคิดมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยได้รวบรวมและยกตัวอย่างหลักการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังต่อไปนี้

ทิศนา แขมมณี (2555) เสนอหลักการการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ต้องเป็นกระบวนการค้นหาที่มีความหมาย การเรียนรู้ควรเริ่มต้นจากประเด็นรอบตัวของนักเรียน และนักเรียนต้องใช้ความพยายามในการสร้างความหมายเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากประสบการณ์ใหม่เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดเดิม

2. ความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้น ต้องเกิดจากความรู้ ความเข้าใจทั้งในภาพรวมและส่วนย่อยในบริบทเดียวกัน

3. เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีประสิทธิภาพ ผู้สอนต้องทำความเข้าใจต่อโมเดลทางความคิดและสมมติฐานที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อสนับสนุนโมเดลความคิดที่ใช้ในการรับรู้เกี่ยวกับโลก

4. เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ คือเพื่อให้นักเรียนแต่ละคนสร้างความหมายได้ด้วยตนเอง และใช้การประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553) กล่าวว่า การนำทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ สามารถทำได้หลายประการ ดังนี้

1. นักเรียนได้ปฏิบัติจริงด้วยตนเอง (authentic tasks) ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผลของการเรียนรู้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้และการตระหนักรู้ในกระบวนการที่มาจากการลงมือปฏิบัติงานจริงของนักเรียน

2. เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้นักเรียนไปสู่การสาธิตกระบวนการและการสร้างความหมายที่หลากหลาย

3. นักเรียนจะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ (active) นักเรียนเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และสร้างความหมายให้กับสิ่งเหล่านั้นด้วยตนเอง

4. การเรียนรู้จะต้องสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่เป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้

5. นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ นักเรียนเป็นผู้กำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ ตั้งกฎระเบียบ แก้ปัญหา และควบคุมตนเองในการเรียนรู้

6. การประเมินผลการเรียนรู้มีความยืดหยุ่นและใช้วิธีการหลากหลาย

บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์ (2552) กล่าวถึง หลักการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

1. การเรียนไม่จำเป็นต้องมาจากการสอน การสอนเป็นการช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจ (ไม่ใช่จำได้) โดยผู้สอนต้องพัฒนากลยุทธ์เพื่อวัดและประเมินความเข้าใจนี้

2. ความรู้หรือความคิดที่มีอยู่เดิมมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยความรู้ความเข้าใจเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงความคิดที่มีเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ความรู้ความเข้าใจจะเกิดได้ดีที่สุดเมื่อการคิดเกิดในสภาพแวดล้อมที่มีทางเลือกหลายทาง มีนักเรียนหลากหลาย และนักเรียนมีโอกาสใช้ความคิดนั้นกับเรื่องที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน

3. การเรียนรู้มักเกิดจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรม การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงควรเริ่มจากสิ่งที่เป็นธรรมดาซึ่งใช้แทนความเข้าใจที่เป็นรูปธรรม แล้วพัฒนาไปสู่ระบบของสัญลักษณ์ซึ่งใช้แทนความเข้าใจที่เป็นนามธรรม

4. การเรียนที่ดีจะเกี่ยวข้องกับการฝึกปฏิบัติของนักเรียน และการส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์สารสนเทศ การสื่อความคิดทางวิทยาศาสตร์และการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5. นักเรียนต้องรู้สึกเป็นอิสระในการแสดงความคิด และการได้รับความคิดเห็นจากเพื่อน เพื่อให้ได้สะท้อนความคิดและการกระทำ พร้อมความถูกต้องทดสอบในสิ่งที่ตนรู้

6. ชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ควรเป็นชั้นเรียนที่สนับสนุนและส่งเสริมความเชื่อที่ว่านักเรียนสามารถคิดได้เหมือนนักวิทยาศาสตร์

จากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สรุปได้ว่า การเรียนรู้ควรเริ่มต้นจากประเด็นปัญหาที่อยู่รอบตัวนักเรียนซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นรูปธรรม แล้วพัฒนาไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรมหรือระบบของสัญลักษณ์ นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้จากการลงมือปฏิบัติ มีปฏิสัมพันธ์การแสดงความเห็น และการสังเคราะห์ประสบการณ์ใหม่ให้สัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้สรุปไว้ว่ากระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้มีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นแนะนำ (orientation) เป็นขั้นที่นักเรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนบทเรียน

2. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (elicitation of the prior knowledge) เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน

3. ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด (turning restructuring of ideas) เป็นขั้นตอนที่สำคัญและเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.1 ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันและกัน (clarification and exchange of ideas) นักเรียนจะเข้าใจได้ดีขึ้น เมื่อได้พิจารณาความแตกต่างและความขัดแย้งระหว่างความคิดของตนเองกับของคนอื่น

3.2 การสร้างความคิดใหม่ (construction of new ideas) จากการอภิปรายและการสาธิตนักเรียนจะเห็นแนวทางแบบวิธีการที่หลากหลายในการตีความปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์แล้วกำหนดความคิดใหม่ หรือความรู้ใหม่

3.3 ประเมินความคิดใหม่ (evaluation of the new ideas) โดยการทดลองหรือการคิดอย่างลึกซึ้ง

4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (application of ideas) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีโอกาสใช้แนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจมาพัฒนา ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

5. ขั้นประเมินผล (review) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้ทบทวนความคิดความเข้าใจ โดยเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างกันระหว่างความคิดเดิมกับความคิดใหม่

จากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สรุปได้ว่า การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญกับความรู้ที่มีอยู่แล้วในตัวนักเรียน ความรู้จะพัฒนาขึ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ครู และสิ่งแวดล้อม โดยนักเรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้หรือการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ จากการทำความเข้าใจประสบการณ์ที่ตนได้รับ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จะมุ่งเน้นให้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ มีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ มีการตัดสินใจด้วยตนเอง มีการอภิปรายแสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น มีการลงมือปฏิบัติจริงและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการสะท้อนความคิดและผลการปฏิบัติของนักเรียนด้วย

3. การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

การอุปมาอุปไมย (analogy) เป็นการเปรียบความเหมือนของแนวคิด 2 แนวคิด ด้วยการนำลักษณะเด่นของสิ่งของทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยเป็นกระบวนการที่ช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนให้เกิดการขยายความรู้ และช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียน เพื่ออธิบายแนวคิดใหม่ ข้อมูลใหม่ หรือสถานการณ์ใหม่

3.1 ความหมายของการอุปมาอุปไมย

Coll (2009) กล่าวว่า เป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกับความแตกต่างระหว่างแนวคิดที่นักเรียนคุ้ยเคยกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการเรียนรู้ โดยอาจใช้การอุปมาอุปไมยด้วยคำพูด ข้อความ รูปภาพ สิ่งของ แบบจำลอง ภาพเคลื่อนไหว หรือการแสดงบทบาทสมมติ

สุวิทย์ มูลคำ (2547) กล่าวว่า การอุปมาอุปไมย คือ ความสามารถในการพิจารณาเปรียบเทียบในสองลักษณะ คือการเปรียบเทียบความเหมือน และการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งหนึ่งกับสิ่งอื่นๆ โดยมีเกณฑ์การตัดสินและมีการใช้การเปรียบเปรยสิ่งหนึ่งเป็นอีกสิ่งหนึ่ง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ตอบสนองความต้องการที่กำหนดไว้

ฆนัท ธาตุทอง (2554) กล่าวว่า การอุปมาอุปไมย คือ ความสามารถในการพิจารณาความเหมือน ความต่าง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่พึงประสงค์และตอบสนองเป้าหมายที่ต้องการ

จากความหมายของการอุปมาอุปไมยที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การอุปมาอุปไมย คือ ความสามารถพิจารณาเทียบเคียงสิ่งต่างๆ ให้เห็นถึงความเหมือนและความต่างแตกของสิ่งหนึ่งกับสิ่งอื่น โดยมีเกณฑ์การตัดสินที่สมเหตุสมผล ซึ่งอาจนำเสนอได้ในใช้รูปแบบต่างๆ เช่น แผนภาพ แบบจำลอง บทบาทสมมติ เพื่อช่วยให้นักเรียนจดจำสิ่งที่เปรียบเทียบได้คงทน

3.2 ประเภทของการอุปมาอุปไมยในการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สามารถจัดประเภทการสอนแบบอุปมาอุปไมยในบริบทต่างๆ (Harrison, 2005) ดังนี้

3.2.1 **การอุปมาอุปไมยในแบบทดสอบ** (analogies in test)

แบบทดสอบมาตรฐานส่วนใหญ่มักใช้การอุปมาอุปไมย เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถทั่วไปของผู้เข้าทดสอบ เช่น การทดสอบวิชาความถนัดทั่วไป หรือ General Aptitude Test (GAT) เป็นแบบทดสอบวัดศักยภาพในการเรียนให้ประสบความสำเร็จของนักเรียนที่ศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย ประกอบด้วย ข้อสอบที่วัดทักษะการเปรียบเทียบคู่คำศัพท์จะถูกกำหนดขึ้น เพื่อหาความสัมพันธ์ของคำทั้งสอง เช่น

elephant : large :: ant : ___________________

(a) ground (b) clean (c) small (d) loud (e) happy

คำศัพท์คู่แรก (elephant, large) เป็นความสัมพันธ์ของสัตว์และขนาดตัวของมัน ดังนั้น คำศัพท์คู่ที่สอง จะต้องใช้ความสัมพันธ์ร่วมกัน ซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง (c) small

3.2.2 **การอุปมาอุปไมยการสื่อสาร** (analogies in oral communication)

รูปแบบการอุปมาอุปไมยที่ใช้ในการพูดสื่อสาร ถูกใช้เพื่อการอธิบายและสร้างความเข้าใจในข้อมูลที่ได้รับจากบุคคลหนึ่งไปสู่บุคคลอื่น หรือเพื่อการอธิบายแนวคิดไปสู่บุคคลอื่น ซึ่งการอุปมาอุปไมยประเภทนี้เป็นกระบวนการที่สามารถรับข้อมูลย้อนกลับจากผู้รับสารได้ และผู้ที่ใช้การอุปมาอุปไมยในการพูดสื่อสารสามารถอธิบายและสร้างความเข้าใจเพิ่มเติมได้

3.2.3 **การอุปมาอุปไมยในข้อความ** (analogies in text)

รูปแบบการอุปมาอุปไมยในข้อความสามารถพบได้ทั่วไปในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ โดยผู้เขียนส่วนใหญ่นิยมใช้การอุปมาอุปไมยในการอธิบายแนวคิดที่มีความยากด้วยแนวคิดที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน โดยการอุปมาอุปไมยประเภทนี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาความเข้าใจทางสติปัญญาของแนวคิดที่มีความซับซ้อน มากกว่าการพิจารณาความหมายโดยทั่วไปของการให้เหตุผลแบบอุปมาอุปไมย

3.2.4 **การอุปมาอุปไมยด้วยภาพ** (pictorial analogy)

รูปแบบการอุปมาอุปไมยด้วยภาพ เป็นกระบวนการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยภาพ เนื่องด้วยรูปภาพเป็นตัวช่วยให้นักเรียนมองเห็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้สะดวก ซึ่งผู้สอนสามารถใช้การอุปมาอุปไมยด้วยภาพร่วมกับการอธิบายด้วยคำพูดในการเปรียบเทียบลักษณะของแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดเปรียบเทียบได้

3.2.5 **การอุปมาอุปไมยภาพเคลื่อนไหว** (analogy-based animation)

รูปแบบการอุปมาอุปไมยด้วยภาพเคลื่อนไหว รูปแบบหนึ่งในการใช้การอุปมาอุปไมย การอุปมาอุปไมยด้วยภาพเคลื่อนไหวจะช่วยให้นักเรียนรับรู้ข้อมูลที่เป็นรูปธรรมผ่านทางการเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงของภาพหรือวัตถุตลอดเวลา

3.2.6 **การอุปมาอุปไมยด้วยบุคคล** (personal analogy)

รูปแบบการอุปมาอุปไมยด้วยบุคคล เป็นการเปรียบเทียบแนวคิดที่เป็นนามธรรมกับสถานการณ์สามารถที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น บุคคล เงิน อาหาร หรือความสัมพันธ์

3.2.7 **การอุปมาอุปไมยด้วยแบบจำลอง** (analogical model)

แบบจำลอง เป็นคำที่นักการศึกษาใช้ในหลายความหมาย เช่น Coll (2009) ได้นิยามความหมายของแบบจำลองว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่ใช้แทน แนวคิด จุดประสงค์ เหตุการณ์

กระบวนการ หรือ ระบบ ซึ่งการอุปมาอุปไมยถือเป็นรูปแบบหนึ่งของแบบจำลองที่ประกอบด้วยการเปรียบเทียบระหว่างของสองสิ่งที่มีความคล้ายคลึงกัน ในอีกมุมมองหนึ่ง กล่าวว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการอุปมาอุปไมย เพราะการอุปมาอุปไมยเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองสองแบบจำลอง เช่น การอุปมาอุปไมยด้วยแบบจำลองของ Harrison (2005) โดยใช้การอุปมาอุปไมยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง การเคลื่อนที่ของลูกบอลในกล่องกับการเคลื่อนที่ของอะตอมในขวดรูปชมพู่ เป็นต้น

จากประเภทของการอุปมาอุปไมยในการสอนวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า การอุปมาอุปไมย ประกอบด้วย การอุปมาอุปไมยในแบบทดสอบ การอุปมาอุปไมยในการสื่อสาร การอุปมาอุปไมยในข้อความ การอุปมาอุปไมยด้วยภาพ การอุปมาอุปไมยด้วยแอนิเมชั่น การอุปมาอุปไมยด้วยบุคคล และการอุปมาอุปไมยด้วยแบบจำลอง

3.3 หลักการพื้นฐานของเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

สุวิทย์ มูลคำ (2546) กล่าวถึง หลักการพื้นฐานของเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยที่ดี ควรใช้หลักการดังนี้

1. หลักการเทียบเคียง การเทียบเคียงเป็นการนำสิ่งที่จะเปรียบเทียบตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไปมาวางไว้ใกล้กัน เพื่อให้สามารถสังเกตและพิจารณาแยกแยะส่วนประกอบของสิ่งเหล่านั้นอย่างละเอียด ว่ามีส่วนใดที่ความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

2. หลักการจำแนกแจกแจงตามเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกอาจเป็นเกณฑ์ที่เกี่ยวกับคุณสมบัติคุณลักษณะ รูปร่าง รูปทรง ขนาด สี คุณค่า ราคา วัตถุประสงค์ การใช้งาน หรือเกณฑ์มาตรฐานอื่นๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้กำหนด

3. หลักการคิดยืดหยุ่น หลักการอุปมาอุปไมยที่ดีต้องอาศัยทักษะการคิดยืดหยุ่น ไม่ยึดติดกับกรอบทางความคิดเดิม หรือความเคยชิน การอุปมาอุปไมยไม่ควรคิดเปรียบเทียบเฉพาะด้าน หรือรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่ควรมีการคิดที่ยืดหยุ่น คิดเปรียบเทียบในลักษณะอื่นๆด้วย ซึ่งจะทำให้พบความเหมือน ความคล้ายหรือความต่างของสิ่งที่คิดเปรียบเทียบอย่างมีเหตุผล

4. หลักการตรวจสอบก่อนตัดสินใจ ก่อนการตัดสินใจเพื่อสรุปผลว่า สิ่งที่ต้องการคิดเปรียบเทียบนั้นมีความเหมือน คล้ายคลึงหรือต่างกันอย่างไร จำเป็นต้องตรวจสอบหรือประเมินผลการอุปมาอุปไมยว่าเป็นจริงหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์เป็นเครื่องมือในการคิดเปรียบเทียบซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจถูกต้อง หรือมีโอกาสผิดพลาดน้อยที่สุด

Orgill (2004) ได้เสนอแนวทางการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยในการจัดการเรียนรู้ว่า การอุปมาอุปไมยควรใช้เมื่อแนวคิดที่จะศึกษาเป็นแนวคิดที่ยาก เป็นนามธรรม มีความท้าทาย หรือใช้เมื่อนำเข้าสู่แนวคิดที่ต้องการศึกษา แต่ไม่ควรใช้เมื่อแนวคิดที่จะศึกษาเป็นแนวคิดที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ครอบคลุมเนื้อหามากเกินไป หรือเป็นแนวคิดที่ต้องท่องจำ เนื่องจากการเรียนรู้แนวคิดเหล่านี้ ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยจะทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการเรียนรู้มากกว่าการส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียน นอกจากนี้ Orgill เสนอแนะหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย รวมถึงข้อควรปฏิบัติในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยให้มีประสิทธิภาพไว้ ดังนี้

1. การสอนแบบอุปมาอุปไมย เป็นการเปรียบเทียบลักษณะเด่นที่เหมือนกันของแนวคิด 2 แนวคิด โดยการเปรียบเทียบแนวคิดที่ยังไม่เข้าใจหรือแนวคิดที่ต้องการจะศึกษา ด้วยแนวคิดที่มีความง่ายกว่า ดังนั้นการเลือกใช้แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบควรมีลักษณะ ดังนี้

1.1 แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบจะต้องเป็นแนวคิดที่ง่าย อยู่รอบตัว หรือสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

1.2 แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบจะต้องเป็นแนวคิดที่ง่ายต่อการจดจำ

1.3 แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบจะต้องเป็นแนวคิดที่มีความคล้ายคลึงกันกับแนวคิดที่จะศึกษาหรือแนวคิดที่ยังไม่เข้าใจ

2. ข้อควรปฏิบัติในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

2.1 ควรทำความเข้าใจจุดประสงค์ในการเปรียบเทียบ

2.2 อธิบายความสัมพันธ์ขอสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบกับแนวคิดที่จะศึกษา

2.3 อย่าใช้การเปรียบเทียบมากจนเกินไป

2.4 แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบต้องสามารถมองเห็นเป็นรูปธรรม

2.5 ควรฝึกนักเรียนให้รู้จักการเปรียบเทียบก่อนนำมาใช้ในการเรียนรู้

จากหลักการพื้นฐานของเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยควรใช้กับแนวคิดที่เหมาะสม ท้าทาย และสอดคล้องกับแนวคิดเดิมที่นักเรียนมีอยู่ก่อนแล้ว แต่ไม่ควรใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับแนวคิดที่ง่ายเกินไป ซึ่งนักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดโดยไม่ต้องอาศัยการอุปมาอุปไมย เพราะอาจทำให้เกิดความเบื่อหน่ายและอาจสร้างความสับสนในการเรียน นอกจากนี้ไม่ควรใช้การอุปมาอุปไมยกับแนวคิดที่มีความซับซ้อนจนไม่สามารถอธิบายด้วยการอุปมาอุปไมยเพียงการอุปมาอุปไมยเดียว เพราะจะทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการเรียนรู้ยิ่งขึ้น

3.4 รูปแบบการสอนด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

ปัจจุบันมีรูปแบบการสอนโดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยอยู่หลายรูปแบบ เช่น The General Model of Analogy Teaching, Teaching-With-Analogy-Model, Focus-Action-Reflection และ Chemical Observations Representations Experiment ดังนี้

3.4.1 The General Model of Analogy Teaching (GMAT)

Zeitoun (1984) ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบอุปมาอุปไมย ที่เรียกว่า The General Model of Analogy Teaching Model ประกอบด้วยการสอนจำนวน 9 ขั้นตอน

1. ขั้นการวัด (measuring) เป็นการวัดคุณลักษณะของนักเรียน ที่เกี่ยวกับความสามารถในการจินตนาการรูปภาพ และการให้เหตุผลเชิงเปรียบเทียบ

2. ขั้นกำหนดค่า (assessing) เป็นการประเมินความรู้เดิมของนักเรียน โดยพิจารณาว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้หรือไม่

3. ขั้นวิเคราะห์ (analyzing) เป็นการวิเคราะห์เนื้อหา และพิจารณาถึงความพร้อมในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

4. ขั้นตัดสินใจ (judging) เป็นการตัดสินใจเลือกการอุปมาอุปไมยที่เหมาะสม อาจพิจารณาจากความคล้ายคลึงและความซับซ้อนของลักษณะที่นำมาเปรียบเทียบ

5. ขั้นพิจารณาคุณลักษณะ (determination) เป็นการพิจารณาลักษณะของตัวเปรียบเทียบให้สัมพันธ์กับลักษณะของผู้เรียน

6. ขั้นเลือกเป้าหมาย (selecting the strategy) เป็นการเลือกเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้และสื่อกลางที่ใช้ในการนำเสนอการสอนแบบอุปมาอุปไมย ซึ่งเป้าหมายของการสอนแบบอุปมาอุปไมยสามารถแบ่งเป็น 3 เป้าหมายด้วยกัน คือนักเรียนเป็นผู้พัฒนาวิธีการอุปมาอุปไมยขึ้นเอง ผู้สอนเป็นผู้แนะนำวิธีการอุปมาอุปไมย และผู้สอนเป็นผู้อธิบายวิธีการอุปมาอุปไมย โดยสื่อกลางที่ใช้ในการสอนแบบอุปมาอุปไมยอาจเลือกมาจากประเภทของการอุปมาอุปไมย คือ การอุปมาอุปไมยในข้อความ การอุปมาอุปไมยในการพูดสื่อสาร การอุปมาอุปไมยด้วยภาพ การอุปมาอุปไมยด้วยบุคคล และการอุปมาอุปไมยด้วยแบบจำลอง

7. ขั้นนำเสนอ (presenting) เป็นการนำเสนอการอุปมาอุปไมยด้วยการเปรียบเทียบในหลายขั้นตอน ประกอบด้วย การแนะนำแนวคิดเป้าหมาย การแนะนำแนวคิดเปรียบเทียบ การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดเปรียบเทียบ การนำเสนอคุณลักษณะของแนวคิดเป้าหมายไปสู่แนวคิดเปรียบเทียบ และการอธิบายคุณลักษณะต่างๆของแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดเปรียบเทียบ

8. ขั้นประเมินค่า (evaluating) เป็นการประเมินค่าผลลัพธ์ ด้วยการพิจารณาความเข้าใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

9. ขั้นทบทวน (revising) เป็นการทบทวนด้วยแบบจำลอง เพื่อพิจารณาทางเลือกของการอุปมาอุปไมย คำอธิบาย และความแตกต่างกับเป้าหมายที่ต้องการ

3.4.2 Teaching-With-Analogy-Model (TWA)

Glynn (1991)ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบอุปมาอุปไมย ที่เรียกว่า Teaching-With-Analogy Model (TWA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. แนะนำแนวคิดที่จะเรียนหรือแนวคิดเป้าหมาย (target) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนอธิบายและแนะนำแนวคิดที่ต้องการให้นักเรียนทราบ ก่อนทำกิจกรรมการเรียนรู้

2. ทบทวนวิธีการเปรียบเทียบความคล้ายคลึง (analog) เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการแนะนำแนวคิดที่ต้องการให้นักเรียนทราบ โดยผู้สอนอาจใช้คำถามหรือเทคนิคอื่นๆ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดเปรียบเทียบที่นักเรียนคุ้นเคย

3. วิเคราะห์ประเด็นสำคัญระหว่างแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดเปรียบเทียบ เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นหลังจากนักเรียนดึงความรู้ที่มีอยู่เดิมเพื่อเชื่อมโยงสู่แนวคิดเปรียบเทียบ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและระบุลักษณะคล้ายคลึงกันของแนวคิดทั้งสอง

4. เชื่อมโยงความเหมือนกันระหว่างแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดเปรียบเทียบ เป็นขั้นตอนการอภิปรายสิ่งที่คล้ายคลึงกันในแนวคิดเปรียบเทียบว่า ใช้เปรียบเทียบหรือใช้แทนส่วนใดในแนวคิดเป้าหมาย

5. แสดงถึงการเปรียบเทียบทั้งเป้าหมายและความคล้ายคลึง เป็นขั้นตอนการเขียนแผนผังเชื่อมโยงแสดงการเปรียบเทียบระหว่างลักษณะของแนวคิดทั้งสอง

6. สรุปผลและอภิปรายผล เป็นขั้นตอนการชี้ให้เห็นจุดที่แนวคิดเป้าหมายแตกต่างจากแนวคิดเปรียบเทียบ รวมถึงสรุปลักษณะของแนวคิดเปรียบเทียบที่ใช้แทนแนวคิดเป้าหมายจากแผนผังแสดงการเปรียบเทียบอีกครั้งเพื่อแสดงความเข้าใจที่ตรงกัน

3.4.3 Focus-Action-Reflection Guide (FAR Guide)

Treagust (1998) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบอุปมาอุปไมย ที่เรียกว่า Focus-Action-Reflection Guide (FAR) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ประกอบด้วยขั้นตอนการสอนจำนวน 3 ขั้นตอน

1. Focus เป็นขั้นตอนการพิจารณาประเด็นที่มีความยากต่อการทำความเข้าใจนักเรียน และตรวจสอบความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียน

2. Action เป็นขั้นตอนการลงมือปฏิบัติ อภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพื่อเชื่อมโยงลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันระหว่างแนวคิดเป้าหมายกับแนวคิดเปรียบเทียบ นอกจากนี้ยังแสดงข้อจำกัดของแนวคิดเปรียบเทียบที่ใช้ในการอุปมาอุปไมยแนวคิดเป้าหมาย โดยผ่านการอธิบาย การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น การวาดภาพ หรือการเขียน

3. Reflection เป็นขั้นตอนการสะท้อนความคิด สรุป และสะท้อนการเปรียบเทียบระหว่างแนวคิดเปรียบเทียบและแนวคิดเป้าหมายให้ชัดเจน พร้อมทั้งพิจารณาถึงข้อควรปรับปรุงแก้ไขในการสะท้อนการเปรียบเทียบ สรุปถึงประโยชน์ที่ได้จากแนวคิดเปรียบเทียบและแนวคิดเป้าหมาย และควรมองหาความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาการใช้แนวคิดเปรียบเทียบ

ตาราง 2 การใช้ FAR Guide ในการเรียนการสอนด้วยเทคนิคอุปมาอุปไมย

ขั้นตอน	กิจกรรม
Focus	
▪ ขอบเขต	▪ เป็นสิ่งที่เข้าใจยาก ไม่คุ้นเคย และเป็นนามธรรม
▪ นักเรียน	▪ อะไรคือสิ่งที่นักเรียนทราบอยู่แล้ว
▪ ตัวแปร	▪ สร้างสิ่งเปรียบเทียบกับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย
Action	
▪ ความเหมือน	▪ อภิปรายถึงสิ่งที่เหมือนกันระหว่างขอบเขตทางวิทยาศาสตร์และสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ
▪ ความแตกต่าง	▪ อภิปรายถึงสิ่งที่แตกต่างกันระหว่างขอบเขตทางวิทยาศาสตร์และสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ
Reflection	
▪ ข้อสรุป	▪ ส่วนที่ชัดเจนและเป็นประโยชน์จากสิ่งที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบและดูว่ามันสอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์อันพึงประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่
▪ การพัฒนา	▪ จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนที่ได้ มีสิ่งใดที่ควรปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงหรือไม่ในการใช้การเปรียบเทียบในครั้งต่อไป

3.4.4 Chemical Observations Representations Experiment (CORE)

Bruce (2016) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบอุปมาอุปไมย ที่เรียกว่า Chemical Observations, Representations, Experimentation (CORE) การจัดการเรียนรู้แบบ CORE เป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติการ (laboratory) ร่วมกับเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ประกอบด้วยขั้นตอนการสอนจำนวน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Chemical observations เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมีระดับมหภาค ด้วยการสำรวจตรวจสอบสมบัติของสาร และการเปลี่ยนแปลงของสารที่สามารถสังเกตได้ในห้องปฏิบัติการ แล้วตอบคำถามจากชุดคำถามปลายเปิดที่มีความต่อเนื่องกันเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน

2. Representations เป็นขั้นตอนการสืบค้นด้วยเทคนิคการอุปมาอุปไมยโดยใช้แบบจำลอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับอะตอมหรือปรากฏการณ์ระดับจุลภาค ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนต้องสร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างแนวคิดเป้าหมายกับแบบจำลองที่นำมาเปรียบเทียบ ด้วยการพิจารณาความเหมือนและความแตกต่างกันระหว่างแนวคิดเป้าหมายกับแบบจำลอง เป็นการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ในระดับมหภาคกับระดับจุลภาค

3. Design experimentations เป็นขั้นตอนการประยุกต์ใช้ความรู้ ด้วยการออกแบบการทดลองเพื่อตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์

จากรูปแบบการสอนด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ผู้วิจัยเลือกใช้การสอนอุปมาอุปไมยแบบ Teaching-With-Analogy-Model (TWA) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นแนะนำแนวคิดที่จะเรียน ขั้นทบทวนวิธีการเปรียบเทียบความคล้ายคลึง ขั้นวิเคราะห์ประเด็นสำคัญระหว่างแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดเปรียบเทียบ ขั้นเชื่อมโยงความเหมือนกันระหว่างแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดเปรียบเทียบ ขั้นแสดงถึงการเปรียบเทียบทั้งเป้าหมายและความคล้ายคลึง และขั้นสรุปผลและอภิปรายผล เป็นรูปแบบการสอนที่ใช้ในงานวิจัย

3.5 ข้อควรระวังในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

Harrison (2006) กล่าวว่า การใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยเหมือนดาบสองคมที่มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะนอกจากจะช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นแล้ว ยังเป็นสาเหตุให้นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้อีกด้วย ซึ่งหากนักเรียนตีความการเปรียบเทียบด้วยตนเองโดยไม่มีครูคอยแนะนำ หรือใช้แนวคิดที่นำมาเปรียบเทียบไม่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันจะทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

Coll (2009) ได้ประยุกต์หลักการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของ Gentner ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยในวิชาวิทยาศาสตร์ และได้อธิบายถึงข้อควรระวังในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ดังนี้

1. ความชัดเจนของสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบ สิ่งที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบต้องเป็นสิ่งที่นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้ มีลักษณะชัดเจนและมีความคุ้นเคย เพราะหากสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบไม่สามารถอธิบายได้สมบูรณ์ หรืออธิบายไม่ถูกต้องอาจนำไปสู่แนวคิดที่คลาดเคลื่อน

2. ความชัดเจนในการทำแผนภาพการเปรียบเทียบ แผนภาพของการเปรียบเทียบควรมีความชัดเจน ไม่กำกวมระหว่างแนวคิดเป้าหมายกับแนวคิดเปรียบเทียบ เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิด 2 แนวคิดอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแผนภาพเปรียบเทียบ ควรจัดโครงสร้างแนวคิดที่เชื่อมโยงตามลำดับ โดยเรียงลำดับของโครงสร้างที่อยู่สูงก่อน

Taber (2011) ได้แนะนำการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ว่า การเปรียบเทียบระหว่างแนวคิดเป้าหมายกับแนวคิดเปรียบเทียบ ควรมีการจัดการเรียนรู้ที่เป็นระบบ หากไม่มีการจัดการเรียนอย่างเป็นระบบอาจส่งผลทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

Brown (2010) แนะนำการเลือกสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้ คือไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการจดจำ และเป็นสิ่งที่คุ้นเคย นอกจากนี้ Brown และ Salter ยังได้แนะนำวิธีการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยไว้ ดังนี้

1. การสอนแบบอุปมาอุปไมย ควรใช้กับแนวคิดที่ทำให้ประหลาดใจ จดจำได้

2. การใช้การสอนแบบอุปมาอุปไมย ควรใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สิ่งที่ใช้เป็นแนวคิดเปรียบเทียบ ต้องมีการเปรียบเทียบที่ชัดเจนกับแนวคิดเป้าหมาย และมีการอธิบายถึงข้อจำกัดของการเปรียบเทียบให้ชัดเจน

4. หากนักเรียนไม่มีความเข้าใจแนวคิดเป้าหมายและไม่รู้จักแนวคิดเปรียบเทียบ นักเรียนจะไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสองได้

จากข้อควรระวังในการใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สรุปได้ว่า การสอนแบบอุปมาอุปไมยเป็นเหมือนดาบสองคมที่มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ซึ่งหากเลือกใช้การอุปมาอุปไมยกับแนวคิดที่เหมาะสมจะช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดนั้นได้มากขึ้น แต่หากเลือกใช้กับแนวคิดที่ไม่เหมาะสมจะทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดนั้นเพิ่มขึ้น

จากเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนการอุปมาอุปไมย แบบ Teaching-With-Analogy Model (TWA) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจของปรากฏการณ์ทางเคมีระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ แต่อย่างไรก็ตามควรใช้การอุปมาอุปไมยกับแนวคิดที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดนั้นได้มากขึ้น แต่ถ้าหากใช้กับแนวคิดที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดความสับสนและสร้างความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (achievement) เป็นการตรวจสอบความสามารถของสมรรถภาพทางสมองของนักเรียนถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ ซึ่งการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะมีวิธีการที่หลากหลายในการสำรวจความเข้าใจของนักเรียน

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Heller (2012) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียน อันเกิดจากการจัดการเรียนการสอน โดยมุ่งพัฒนาองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ด้านความจำ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ เป็นต้น

บุญชม ศรีสะอาด (2553) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลการเรียนที่ได้จากการสอบที่มุ่งเน้นให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

ภคพร อิสระ (2558) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลการเรียนรู้ที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่แสดงถึงความสามารถของบุคคลอันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนการสอน ซึ่งมุ่งเน้นให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ทางการเรียนที่กำหนดไว้ โดยสามารถวัดได้จากเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2 ประเภทการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาความก้าวหน้าด้านต่างๆ ของนักเรียน โดยมุ่งเน้นให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 3 ด้าน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2555) คือ

4.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยตามหลักของบลูมจะวัดพฤติกรรมการเรียนรู้จำนวน 6 ด้าน คือ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. การจำ (remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึก ท่องจำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว รวมถึงการระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริง ทฤษฎี และกฎเกณฑ์

2. การเข้าใจ (understanding) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเนื้อหาที่ได้เรียน หรือการแปลความจากตัวเลข การสรุป และการย่อความ

3. การประยุกต์ใช้ (applying) หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ กฎมโนทัศน์ หลักสำคัญ หรือวิธีการที่ได้เรียนมาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ในขั้นนี้นักเรียนต้องมีความเข้าใจเนื้อหาอย่างละเอียดก่อนที่จะนำความรู้ไปใช้ได้

4. การวิเคราะห์ (analyzing) หมายถึง ความสามารถที่จะแยกแยะองค์ประกอบย่อยๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย รวมถึงหาหลักสำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้อง

5. การประเมินค่า (evaluating) หมายถึง ความสามารถที่ตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าต่างๆ โดยมีเกณฑ์ที่แน่นอนซึ่งอาจเกิดจากผู้เรียนเอง หรือนำมาเกณฑ์จากที่อื่นก็ได้

6. การคิดสร้างสรรค์ (creating) หมายถึง ความสามารถของสติปัญญาในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่จากสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว

4.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้โดยแบบสังเกต แบบวัดมาตรประมาณค่า แบบประเมินตนเอง การสัมภาษณ์ หรือรายงานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตนเอง

4.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัยเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและการดำเนินงาน เช่น การใช้อุปกรณ์ การใช้เครื่องมือต่างๆ อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำ ซึ่งสามารถวัดได้ในขณะที่ทำการทดลองหรือปฏิบัติการ วิธีวัดพฤติกรรมด้านทักษะพิสัยวัดได้โดยการสังเกตขณะปฏิบัติการทดลอง

จากประเภทการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดความสามารถของนักเรียนใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัยหรือการวัดความสามารถทางสมอง การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์ ด้านจิตพิสัยหรือการวัดความสามารถด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ และด้านทักษะพิสัยหรือการวัดความสามารถด้านทักษะกระบวนของนักเรียน

4.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพนักเรียน ให้เป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

4.3.1 ประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2551) ได้แบ่งประเภทแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. แบบวัดที่ผู้สอนสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบวัดที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเฉพาะกลุ่ม สามารถแบ่งได้อีก 6 แบบ คือ

1.1 แบบความเรียงหรืออัตนัย เป็นแบบวัดที่มีเฉพาะคำถามให้นักเรียนเขียนคำตอบได้อย่างอิสระ โดยอาจเขียนแสดงความรู้ ความคิด และข้อคิดเห็นของแต่ละบุคคล

1.2 แบบกาถูก-ผิด เป็นแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงข้ามกัน เช่น ถูก-ผิด จริง-ไม่จริง ใช่-ไม่ใช่ เป็นต้น

1.3 แบบเติมคำ เป็นแบบวัดที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ไม่สมบูรณ์ เพื่อให้เติมคำ ประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

1.4 แบบตอบสั้นๆ เป็นแบบวัดที่คล้ายกับแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่แบบตอบสั้นๆ จะเขียนประโยคคำถามสมบูรณ์ แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบเป็นข้อความสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบความเรียง

1.5 แบบจับคู่ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้นักเรียนเลือกจับคู่แต่ละข้อความในชุดหนึ่งกับข้อความใดข้อความหนึ่งในอีกชุดที่มีความสัมพันธ์กัน

1.6 แบบเลือกตอบ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนนำหรือคำถาม (stem) กับส่วนเลือก (choice) ซึ่งในส่วนเลือกนี้ประกอบด้วย ตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

2. แบบวัดมาตรฐาน เป็นแบบวัดที่มีคุณลักษณะเป็นมาตรฐาน แบ่งเป็น

2.1 มาตรฐานในวิธีดำเนินการสอบ หมายถึง ไม่ว่าจะนำแบบวัดนี้ไปใช้ที่ไหน เมื่อไร ต้องดำเนินการในการสอบเหมือนกันหมด โดยมีคู่มือบอกวิธีการใช้

2.2 มาตรฐานการให้คะแนน หมายถึง แบบวัดที่มีเกณฑ์ปกติไว้สำหรับใช้เปรียบเทียบคะแนน เพื่อบอกว่าการที่ผู้สอบได้คะแนนอย่างใดอย่างหนึ่งนั้นหมายความว่ามีความสามารถอย่างไร

4.3.2 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2553) เสนอแนะการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการทดสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นข้อๆ ให้สอดคล้องกับเนื้อหาทั้งหมดที่จะทดสอบ

2. กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทดสอบให้ครบถ้วน

3. เตรียมตารางเฉพาะหรือผังของแบบวัด เพื่อแสดงน้ำหนักของเนื้อหาแต่ละส่วน และพฤติกรรมต่างๆ ที่ต้องการทดสอบ

4. สร้างข้อสอบทั้งหมดที่ต้องการ ให้เป็นไปตามสัดส่วนน้ำหนักที่ระบุ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2557) กล่าวว่า การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพ จะต้องอาศัยหลักการสร้างตามทฤษฎีของ Gronlund ดังนี้

1. แบบวัดที่สร้างขึ้นต้องมีการนิยายพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ให้ชัดเจน ซึ่งอาจกำหนดได้ในรูปของจุดประสงค์การเรียนรู้

2. แบบวัดที่สร้างขึ้นต้องครอบคลุมทุกผลการเรียนรู้ที่กำหนด

3. แบบวัดที่สร้างขึ้นต้องสามารถวัดพฤติกรรมที่เป็นตัวแทนของกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยการกำหนดตัวชี้วัดและขอบเขต ผลการเรียนรู้ แล้วเขียนข้อสอบตามตัวชี้วัด

4. แบบวัดที่สร้างขึ้นควรประกอบด้วยข้อสอบชนิดต่างๆ อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ให้มากที่สุด

5. แบบวัดที่สร้างขึ้นต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ การใช้ประโยชน์จากผลการทดสอบ และทันตามแผนที่กำหนดไว้

6. แบบวัดที่สร้างขึ้นต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนในการตรวจให้คะแนน ไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการวัด และสามารถให้ผลการวัดที่เหมือนกันไม่ว่าจะนำแบบวัดไปทดสอบกับนักเรียนในเวลาที่แตกต่างกัน

บุญชม ศรีสะอาด (2556) กล่าวถึงการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์และเนื้อหาวิชา เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาว่า เนื้อหาส่วนใดที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเนื้อหาส่วนใดที่ต้องการจะวัด พร้อมระบุพฤติกรรมหรือสมรรถภาพใดบ้างในแต่ละเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้

2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ เป็นขั้นตอนการพิจารณาพฤติกรรมย่อย หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการ พร้อมพิจารณาจำนวนข้อสอบที่ต้องออกเกินไว้ในแต่ละหัวข้อ (ควรออกเกินไม่ต่ำกว่า 25%) เนื่องจากหลังจากการนำแบบวัดไปทดลองใช้ และวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อแล้วจะต้องตัดข้อสอบที่ไม่มีคุณภาพตามเกณฑ์ออก

3. กำหนดรูปแบบของข้องสอบและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ เป็นขั้นตอนการศึกษาหลักการ วิธีการเขียนข้อสอบ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบ และพิจารณาตัดสินใจเลือกรูปแบบการใช้คำถามของแบบวัด

4. เขียนข้อสอบ เป็นขั้นตอนการเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและจำนวนข้อสอบที่กำหนดไว้ โดยใช้รูปแบบการเขียนข้อสอบตามที่ได้ศึกษา

5. ตรวจทานข้อสอบ เป็นขั้นตอนการพิจารณาทบทวนข้อสอบอีกครั้ง โดยพิจารณาถึงความถูกต้องตามหลักวิชา ความสามารถในการวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการ ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย ตัวถูกตัวลวงมีความเหมาะสมแล้วทำการปรับปรุง

6. พิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นขั้นตอนที่ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและเนื้อหาวิชาจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน พิจารณาถึงความสอดคล้องของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบแต่ละข้อ หากมีข้อที่ไม่เข้าเกณฑ์ควรพิจารณาปรับปรุง

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เป็นขั้นตอนการพิมพ์แบบวัดที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญแล้วว่าเหมาะสมเข้าเกณฑ์ ซึ่งประกอบด้วยคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบวัด วิธีตอบ และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

8. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง

9. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง เป็นขั้นตอนการพิมพ์แบบวัดที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง

4.3.3 คุณลักษณะของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2557) กล่าวถึง คุณลักษณะของแบบวัดที่ดีไว้ ดังนี้

1. เที่ยงตรง (validity) หมายถึง คุณสมบัติที่แบบวัดนั้นสามารถทำหน้าที่ในวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องตามความมุ่งหมาย

2. ยุติธรรม (fair) หมายถึง คุณสมบัติของคำถามที่ไม่มีช่องทางแนะให้ผู้ทดสอบเดาคำตอบได้

3. ถามลึก (scorching) หมายถึง คุณสมบัติที่แบบวัดนั้นสามารถวัดความลึกซึ้งของวิทยาการตามแนวดิ่งมากกว่าที่จะวัดตามแนวกว้างว่ารู้มากน้อยเพียงใด

4. ยั่วยุเป็นเยี่ยงอย่าง (exemplary) หมายถึง คุณสมบัติของคำถามมีลักษณะท้าทาย ชักชวนให้คิด ผู้ทดสอบแล้วมีความอยากรู้เพิ่มขึ้น

5. มีความจำเพาะเจาะจง (definite) หมายถึง คุณสมบัติของคำถามที่อ่านแล้วเข้าใจชัดเจน ไม่ถามคลุมเครือ

6. เป็นปรนัย (objectivity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัด 3 ประการ คือ มีความชัดเจนในความหมายของคำถาม มีความชัดเจนในวิธีตรวจหรือมีมาตรฐานการให้คะแนน และมีความชัดเจนในการแปลความหมายคะแนน

7. มีประสิทธิภาพ (efficiency) หมายถึง คุณสมบัติที่แบบวัดนั้นสามารถให้คะแนนเที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากที่สุด ภายในเวลา แรงงานและเงินทุนน้อยที่สุดด้วย

8. ยากง่ายพอเหมาะ (difficulty)

9. มีอำนาจจำแนก (discrimination) หมายถึง คุณสมบัติที่แบบวัดนั้นสามารถแยกประเภทของผู้ทดสอบได้ทุกระดับระดับ ตั้งแต่ระดับอ่อนสุดจนถึงระดับเก่งสุด

10. เชื่อมั่นได้ (reliability) หมายถึง คุณสมบัติที่แบบวัดนั้นสามารถให้คะแนนได้คงที่ แน่นอน และไม่แปรผัน

จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยสนใจวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในเชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ชนิดแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

5. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning) เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้พิจารณาเหตุการณ์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกต วิเคราะห์ ตีความหมายข้อมูล และประเมินหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน

5.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Lawson (2001) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการคิดของมนุษย์ที่ใช้แสวงหาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น การรวบรวมหลักฐานเชิง และลงข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

Moshman (2011) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการคิดอย่างมีเหตุผลอันนำไปสู่ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การทดสอบสมมติฐาน การพยากรณ์ การสำรวจปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล และเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและหลักการเชิงประจักษ์ จนนำไปสู่ความเข้าใจทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการคิดที่หาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่แล้วกับสิ่งที่มนุษย์ต้องการรู้ เป็นการคิดหาข้อสรุปจากสิ่งที่รู้แล้ว โดยการใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดของบุคคลเพื่อการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการค้นคว้า สำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นความรู้

ภคพร อิสระ (2557) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น โดยใช้การศึกษาค้นคว้าและทดลอง จน

เกิดเป็นข้อสรุป ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกิดการจากการเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับแนวคิดทฤษฎี จนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

จากความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้พิจารณาเหตุการณ์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกตรวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล ค้นหา และประเมินหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน

5.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษา แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Holyoak (2005) ได้จำแนกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็น 2 ประเภท

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยตั้งสมมติฐานจากข้อมูลหรือกฎเกณฑ์ทั่วไป แล้วทดสอบสมมติฐานจนได้ข้อสรุป

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (inductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดให้เหตุผล จากการสังเกตตามลำดับเหตุการณ์ที่เป็นความรู้จำเพาะ จากนั้นมีการทดสอบผลจนค้นพบเกิดเป็นกฎเกณฑ์ ที่นำไปสู่การสร้างเป็นทฤษฎีหรือการอธิบายปรากฏการณ์

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) ได้กล่าวถึง การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งตาม ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของความรู้ที่ปรากฏกับความรู้ใหม่ที่ต้องการศึกษา ดังนี้

1. การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปไปสู่ความรู้เฉพาะหน่วยเป็นการใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ เพื่ออธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุปซึ่งเป็นเฉพาะเรื่องโดยใช้หลักการทางตรรกะ ซึ่งคำอธิบายหรือข้อสรุปที่ได้ คือความรู้ใหม่ที่ต้องการรู้

ตรรกะ คือ กฎเกณฑ์การใช้เหตุผล เป็นการใช้ข้อมูลที่ปรากฏเพื่อให้ได้ข้อสรุปโดยการอ้างเหตุผล การอ้างเหตุผลจะเริ่มต้นจากข้อความตั้งแต่สองข้อความขึ้นไป ที่มีความสัมพันธ์กันเป็นทอดๆ เรียกว่า ข้ออ้าง และส่วนข้อสรุปจะเป็นข้อความที่อยู่สุดท้าย ข้ออ้างประกอบด้วย ข้ออ้างหลัก และข้ออ้างรองซึ่งอาจมี 1 ข้อความหรือมากกว่า 1 ข้อความก็ได้ เช่น

สัตว์เลี้ยงทุกตัวเป็นสัตว์ไม่ดุร้าย (ข้ออ้างหลัก)

แมวเป็นสัตว์เลี้ยง (ข้ออ้างรอง)

แมวเป็นสัตว์ไม่ดุร้าย (ข้อสรุป)

สำหรับข้ออ้างในเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้หรือความจริงที่ปรากฏ และข้อสรุป คือความรู้ที่ได้จากการใช้เหตุผล เชื่อมโยงสัมพันธ์ความรู้ที่ปรากฏตั้งแต่ 2 ข้อความขึ้นไป

โลหะเมือได้รับความร้อนจะขยายตัว (ข้ออ้างหลัก)

โลหะเมื่อเคาะมีเสียงดังกังวาน (ความรู้ที่ปรากฏ-หลักการทั่วไป)

เหล็กได้รับความร้อนจะขยายตัวและมีเสียงดังกังวานเมื่อเคาะ (ข้ออ้างรอง)

เงินได้รับความร้อนจะขยายตัวและมีเสียงดังกังวานเมื่อเคาะ (ข้ออ้างรอง)

เหล็กและเงินเป็นโลหะ (ข้อสรุป/ความรู้ใหม่)

การให้เหตุผลเชิงนิรนัยเป็นการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างข้ออ้างกับข้อสรุปอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้รูปแบบการหาข้อสรุปที่เชื่อถือได้ ดังนั้นถ้าข้ออ้างเป็นจริง ข้อสรุปก็จะเป็นจริงด้วย หรือถ้าข้ออ้างไม่ถูกต้อง ข้อสรุปก็จะไม่ถูกต้องด้วย นอกจากนี้ข้อสรุปหรือความรู้ใหม่จะไม่สามารถมีเนื้อหาเกินเนื้อหาของข้ออ้าง เพราะข้อสรุปคือผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่ปรากฏ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงไม่อาจใช้วิธีการให้เหตุผลเชิงนิรนัยเพียงอย่างเดียวเนื่องจากการระบุความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมนั้นมีความยุ่งยากและซับซ้อน อย่างไรก็ตาม การให้เหตุผลเชิงนิรนัยถือว่าเป็นวิธีการที่เป็นประโยชน์ในกระบวนการวิจัย เพราะเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับสิ่งที่ศึกษา เป็นการนำทฤษฎีที่มีอยู่มาเป็นแนวทางในการศึกษา แนวทางในการตั้งสมมติฐานการวิจัยหรือเป็นแนวทางให้ทราบว่าจะศึกษาอะไร และสังเกตอะไร

2. การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (inductive reasoning) เป็นการหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกต หรือการให้ข้อสรุปที่อ้างอิงจากข้อมูลที่สังเกต เพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการย้อนกลับกับของการให้เหตุผลเชิงนิรนัย ดังนี้

จากการสังเกตพบว่ากระต่ายแต่ละตัวที่สังเกตมีปอด (ข้ออ้างหลัก)

ดังนั้น กระต่ายทุกตัวมีปอด (ข้อสรุป)

จากตัวอย่าง ข้ออ้างหลักของการให้เหตุผลเชิงอุปนัยได้มาจากการสังเกตเหตุการณ์เฉพาะเรื่องหรือจากเหตุการณ์ย่อย แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการที่กว้างขึ้น การให้เหตุผลเชิงอุปนัยจะทำได้สมบูรณ์ เมื่อกลุ่มที่อ้างอิงถึงเป็นกลุ่มเล็กหรือเรื่องเล็กๆ เช่น จากการสังเกตชั้นเรียน 1 ห้อง พบว่าเด็กลูกครึ่งไทยจีนได้คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของห้อง ดังนั้น สรุปได้ว่า เด็กลูกครึ่งไทยจีนในห้องเรียนห้องนั้นได้คะแนนวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของห้อง แต่ไม่สามารถสรุปอ้างอิงไปยังนักเรียนในห้องเรียนอื่นๆ หรือนักเรียนห้องนั้นในอนาคต

3. การให้เหตุผลเชิงอุปนัยแบบวิธีอุปนัย-นิรนัย (inductive-deductive method) การคิดแบบอุปนัย-นิรนัย เป็นการคิดที่ใช้ทั้งการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและการให้เหตุผลเชิงอุปนัยรวมกัน โดยการทำการสังเกตเรื่องที่ต้องการศึกษา เพื่อหาข้อสรุปจากการสังเกต จากนั้น

ตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่ได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ศึกษาได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ หรือการลงข้อสรุปโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไป ไปสู่เรื่องเฉพาะ ตัวสมมติฐาน คือหลักการทั่วไปที่จะต้องทดสอบว่าจริงหรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมคือ ข้อสรุปเฉพาะหน่วยนั้น

จากการให้หาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดที่เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ และเป็นขั้นตอนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่จัดไว้เป็นระบบ และสามารถนำไปประยุกต์ในการทำงานทุกประเภท การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นี้อาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย การให้เหตุผลเชิงอุปนัย และวิธีอุปนัย-นิรนัย

5.3 แนวทางการวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งในองค์ประกอบด้านการคิดหรือการใช้สติปัญญา ประกอบด้วยความสามารถหลายรูปแบบ ได้แก่ การรู้ การประยุกต์ การให้เหตุผล หรือการวิเคราะห์ การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต้องเริ่มจากการสร้างแนวคิด การตีความหมายข้อมูลและสรุป หลังจากนั้นนำข้อสรุปที่ได้ไปประยุกต์ใช้

5.3.1 การวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย

การให้เหตุผลแบบนิรนัยเป็นการใช้เหตุผลแบบตรรกศาสตร์ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อความ 2 ชนิด คือข้ออ้างกับข้อสรุป ซึ่งวิธีการในการหาข้อความที่เป็นการอ้างเหตุผลหรือข้อความในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยดังนี้ (โกเมนทร์ ชินวงศ์, 2556)

1. การอ้างเหตุผลจะต้องมีประโยคข้อความหรือมีกลุ่มประโยคหนึ่ง ที่กำหนดไว้ก่อน ประโยคหรือกลุ่มประโยคนี้ เรียกว่า ประโยคเหตุหรือข้ออ้าง ข้อความที่เป็นข้ออ้างเหล่านี้จะส่งความสัมพันธ์ไปยังอีกข้ออ้างหนึ่งโดยมีการเปรียบเทียบกัน

2. ประโยคผลหรือข้อสรุป เป็นประโยคที่เกิดจากข้ออ้างทำการเชื่อมกันโดยวิธีการเปรียบเทียบ ข้อสรุปเป็นผลของความคิดที่มาจากช่วงประโยคเหตุทั้งหมดที่ได้มีอยู่แล้ว โดยเป็นการสรุปที่ดึงเอาแนวความคิดจากช่วงเหตุนั้นๆออกมา เพื่อใช้เป็นข้อยุติของการตัดสินใจของการใช้เหตุผลครั้งหนึ่งๆ

5.3.2 การวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย

1. วิธีหาความสอดคล้อง เป็นวิธีสรุปหาเหตุผล จากสาเหตุที่สอดคล้องกัน และเกิดขึ้นซ้ำๆ กันหลายครั้ง กล่าวคือในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นหลายครั้ง ถ้ามีสาเหตุและมีผลที่เกิดขึ้นเหมือนกันทุกครั้ง สามารถอนุมานได้ว่าสาเหตุที่เหมือนกันซ้ำๆ นั้น เป็นสาเหตุของผลที่เกิดขึ้น

2. วิธีหาความแตกต่าง เป็นวิธีสรุปหาเหตุผล จากความแตกต่างของสาเหตุที่เกิดขึ้นหลายครั้ง กล่าวคือในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นหลายครั้ง ถ้ามีสาเหตุที่เหมือนกันทุกครั้ง และมีผลที่เกิดขึ้นเหมือนกันทุกครั้ง ต่อมาเมื่อมีสาเหตุอื่นแทรกเข้ามาทำให้เกิดผลที่แตกต่างจากที่เกิดขึ้น ก็อนุมานได้ว่าสาเหตุที่แทรกเข้ามานั้นเป็นสาเหตุของผลที่แตกต่าง

3. วิธีหาส่วนที่เหลือ เป็นวิธีสรุปหาเหตุผล จากการตัดเหตุและผลออกบางส่วน ผลที่เหลือย่อมมาจากสาเหตุที่เหลือ กล่าวคือในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นแบบเดียวกัน ถ้ามีสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลหลายอย่างร่วมกัน ถ้าเรารู้ว่าสาเหตุใด ทำให้เกิดผลใด เมื่อเราหักสาเหตุนั้นออก ดังนั้นสาเหตุที่เหลือจะเป็นสาเหตุของผลที่เหลืออยู่

4. วิธีหาความแปรผัน เป็นการสรุปหาเหตุผล จากระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน กล่าวคือในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นแบบเดียวกัน ถ้ามีระดับหรือ ปริมาณของสาเหตุที่ไม่เท่ากันอาจไม่ก่อให้เกิดผลแบบเดียวกันเสมอ

5.3.3 การวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study)

การศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS) เป็นโครงการที่สมาคมนานาชาติเพื่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ดำเนินการร่วมกับประเทศสมาชิกเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการประเมินสถานการณ์เรียนรู้ปัจจุบัน ซึ่งเน้นความชัดเจนกับการเรียนการสอนในโรงเรียนตามหลักสูตรปัจจุบันที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ ประกอบด้วยการประเมินเชิงสาระเนื้อหา (content domain) และการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญา (cognitive domain) ซึ่งจุดประสงค์หนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือการเตรียมนักเรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหา การสร้างคำอธิบายและการขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ในบริบทที่ซับซ้อน และเป็นปัญหาที่มีขั้นตอนซับซ้อนกว่าที่เคยพบเป็นประจำ

การศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS) กำหนดแนวทางการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผล โดยจำแนกเป็นหัวข้อได้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551)

1. การวิเคราะห์/แก้ปัญหา (analyze/solve problems) เป็นการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดกับวิธีการแก้ปัญหา พร้อมพัฒนาวิธีแก้ปัญหาและอธิบายแนวทางในการแก้ปัญหา

2. สังเคราะห์ (integrate/synthesize) เป็นการพิจารณาหาแนวทางหรือวิธีการในแก้ปัญหา โดยดูจากแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระแตกต่างกัน แล้วบูรณาการแนวคิดหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

3. ตั้งสมมติฐาน (hypothesize/predict) เป็นการเชื่อมโยงหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลจากประสบการณ์หรือจากการสังเกต เพื่อสร้างคำถามที่สามารถค้นหาคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบ หรือเพื่อสร้างคำทำนายเกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยประจักษ์พยานและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

4. ออกแบบ (design) เป็นการวางแผนหรือออกแบบเพื่อหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐาน กล่าวคือ เป็นการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ตลอดจนหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น และตัดสินใจเกี่ยวกับการวัดหรือวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ

5. สรุป (draw conclusions) เป็นการหารูปแบบของคำอธิบาย ข้อสรุป และทำนายแนวโน้มของข้อมูลที่กำหนดให้ โดยใช้หลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสรุปปรากฏการณ์ พร้อมลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถาม ทดสอบสมมติฐาน และแสดงความเชื่อมโยงระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

6. สร้างข้อสรุปทั่วไป (generalize) เป็นการสร้างข้อสรุปที่ได้จากการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้แล้วประยุกต์ใช้ข้อสรุปนั้นกับสถานการณ์ใหม่ พร้อมกำหนดรูปแบบทั่วไปเพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางกายภาพ

7. ประเมิน (evaluate) เป็นการประเมินข้อดี ข้อเสีย เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกและวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากปัจจัยทางวิทยาศาสตร์และปัจจัยทางสังคม เพื่อประเมินผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อระบบทางชีวภาพและทางกายภาพ พร้อมประเมินการอธิบายและวิธีการแก้ปัญหาอื่นที่เป็นไปได้ รวมถึงประเมินผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ โดยอาศัยข้อมูลที่เพียงพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

8. ตรวจสอบ (justify) เป็นการใช้ประจักษ์พยานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคำอธิบายและวิธีการแก้ปัญหา พร้อมให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบในการแก้ปัญหา ข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบ หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบของข้อสอบ ประกอบด้วยข้อคำถามที่มีบริบทเป็นสถานการณ์ ซึ่งอาจจะเป็นรูปของข้อเขียนสั้นๆ หรือเนื้อความที่มีตาราง แผนภาพ หรือกราฟประกอบ ข้อสอบมีทั้งที่เป็นแบบเลือกตอบ และเขียนตอบสั้นๆ

5.3.4 การวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA (Programme for International Student Assessment)

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA เป็นการสำรวจความรู้และทักษะของนักเรียนอายุ 15 ปี ในการการนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปใช้ในชีวิตจริงเพื่อหาตัวชี้วัดคุณภาพการศึกษา โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าคุณภาพของการศึกษาเป็นตัวชี้วัดศักยภาพของการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ซึ่งการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA ในการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) จะเน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในชีวิตจริงในอนาคต นักเรียนสามารถใช้เหตุใช้ผลหรือประจักษ์พยานที่พบในชีวิตจริงเป็นฐานของการคิดและการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่พบในชีวิตจริง

การประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (science competency) แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละสมรรถนะมีรายละเอียดการประเมินดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

1. การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์

1.1 รู้ว่าประเด็นปัญหาใดที่ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการวิทยาศาสตร์

1.2 ระบุได้ว่าต้องใช้หลักฐานและข้อมูลใดในการตรวจสอบ

1.3 รู้ลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

2. การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์

2.1 ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่มีเหตุผลและสอดคล้องกับข้อมูลหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์

2.2 บรรยายหรือตีความหมาย ปรากฏการณ์และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์

2.3 บอกได้ว่าคำบรรยาย คำอธิบาย และการพยากรณ์ใดที่สมเหตุผล

3. การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์

3.1 ตีความหลักฐานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ลงข้อสรุป

3.2 ระบุข้อตกลงเบื้องต้น หลักฐานที่อยู่เบื้องหลังข้อสรุป

3.3 แสดงให้เห็นว่าเข้าใจแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทต่างๆ

3.4 สะท้อนให้เห็นการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีต่อสังคม

จากแนวทางการวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมา การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้พิจารณาเหตุการณ์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกตรวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล ค้นหา และประเมินหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน โดยวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบ คือ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ปรับปรุงมาจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Anton E. Lawson ซึ่งเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ มีลักษณะเป็นแบบให้ตอบคำถามพร้อมบอกเหตุผลของคำตอบนั้น จำนวน 20 ข้อ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ แบบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

เฟื่องฟ้า บุญกอง (2558) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

พนิดา กันยะกาญจน์ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยการสืบเสาะร่วมกับการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และช่วยเพิ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องของนักเรียนให้สูงขึ้น

สิทธิชัย วิชัยดิษฐ (2553) ได้ศึกษาประสิทธิผลของการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่องชีววิทยาเกี่ยวกับพืชที่สอดแทรกเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่สอดแทรกเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนสถานะของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่สอดแทรกเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยยังมีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างสถานะของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับความคงทนในการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่องยีนและโคโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยส่วนใหญ่มีแนวคิด ในระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (scientific conception: SC)

ดวงกมล บำรุงบ้านทุ่ม (2555) ได้ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย (Analogy) ตามแนว FAR Guide ผลการวิจัยพบว่า หลังจากใช้กิจกรรมการอุปมาอุปไมยในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่หลากหลาย และเปลี่ยนจากไม่มีรูปแบบการทำความเข้าใจ เป็น Phenomenon Model, Scientific Model, Inference Model และ Character-Symbol Model ตามลำดับ แสดงว่า นักเรียนใช้ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมการอุปมาอุปไมยมาช่วยในการทำ ความเข้าใจและตอบคำถามในแบบสำรวจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

สมฤทัย สังฆคราม (2553) ได้ศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจ (mental models) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะเคมี โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย (analogy) ตามแนวทาง Focus-Action-Reflection (FAR) guide ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการ ทำความเข้าใจของนักเรียน เรื่องพันธะเคมี โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย หลังเรียน ส่วนใหญ่เปลี่ยนจากไม่สามารถระบุรูปแบบการทำความเข้าใจได้ เป็น Phenomenon Model เนื่องจาก นักเรียนใช้เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเปรียบเทียบมาช่วยในการ ทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

เปรมศักดิ์ สิมมาเคน (2557) ได้ศึกษา การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียน ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ มีคะแนน แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

พัชรี ร่มพะยอม (2553) ได้ศึกษา ประสิทธิผลของการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่องพันธะเคมี ที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ด้านแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ด้าน ความสามารถด้านเมตาคอกนิชัน และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่ กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และพบว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชาเคมีในระดับปานกลาง

ศรัณย์ อัมระนันท์ (2558) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้ตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โชติกุล รินลา (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี มีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับพอใช้ แต่มีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี มีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีจัดอยู่ในระดับดี และมีเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ภคพร อิสระ (2557) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ผลการวิจัยพบว่า หลังได้รับการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนเคมีด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Orgill (2007) ได้ศึกษา ข้อเสนอแนะวิธีการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสอนแบบสืบเสาะ (5E) พบว่า การสอนแบบสืบเสาะในรูปแบบ 5E โดยการใช้สอนแบบอุปมาอุปไมย ทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่ยากหรือแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น ทั้งด้านความง่ายต่อการมองภาพ ง่ายต่อการจดจำ และกระตุ้นให้นักเรียนมีความคิดที่กระจ่างขึ้น สามารถเอาชนะแนวคิดที่คลาดเคลื่อน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยยังมีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหาของมนุษย์ในเรื่องการสื่อสารและการสร้างสรรค์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยทำให้อธิบายความคิดใหม่ของนักเรียนและเป็นเครื่องมือที่มีพลังสำหรับด้านการศึกษา

Harrison (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยเป็นมิตรหรือศัตรูต่อการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่า การอุปมาอุปไมยและการคิดเชิงเปรียบเทียบเป็นศูนย์กลางของวิทยาศาสตร์และการคิดการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ การอุปมาอุปไมยเป็นทั้งเครื่องมือในการเรียนรู้และการสอนที่ดี ช่วยให้นักเรียนจิตนาการในเรื่องที่เป็นนามธรรมได้ การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยสามารถใช้ได้ในบางเรื่อง ซึ่งการศึกษาเชิงสาเหตุต้องใช้กระบวนการสังเกตเมื่ออธิบายหรือกล่าวถึงการเปรียบเทียบเป็นสิ่งที่น่าสนใจและคุ้นเคย เป็นการเปรียบเทียบปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน (analog) และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (target) นอกจากนี้แล้วการอุปมาอุปไมยยังเป็นพลังงานขับดันในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติรอบตัว แต่อย่างไรก็ตามการอุปมาอุปไมยอาจเป็นดาบสองคมสำหรับนักเรียนในบางเรื่องได้หากใช้อย่างไม่ระมัดระวัง

Oliva (2007) ได้ศึกษา รูปแบบวิธีการสอนโดยใช้การอุปมาอุปไมยในการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ซึ่งดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือการศึกษาบริบทที่แตกต่างกันในการใช้การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยในห้องเรียน กำหนดระดับของกิจกรรมของนักเรียนระดับใด ซึ่งมีการตรวจสอบดำเนินการโดยครู ขั้นตอนที่สอง สัมภาษณ์ครูที่สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 73 คน เกี่ยวกับกิจกรรมในชั้นเรียนของที่ครูใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย ผลการศึกษาพบว่า ครูที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยสามารถกระตุ้นการเรียนรู้อย่างมีความหมายของนักเรียนโดยการถ่ายทอดและการขยายความรู้ขององค์ความรู้

Glynn (1991) ได้ศึกษา การเรียนการสอนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยโดยครูต้องสร้างแนวคิดในการเปรียบเทียบกระบวนการพิจารณาความคล้ายคลึงกันระหว่างแนวคิดสองแนวคิดที่แตกต่างกัน โดยแนวคิดหนึ่งเป็นแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบหรือ

เป็นแนวคิดที่นักเรียนรู้จักมาก่อนหน้า กับอีกแนวคิดเป็นแนวคิดเป้าหมายหรือแนวคิดที่นักเรียนไม่รู้จัก การจัดการเรียนการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยมี 6 ขั้นตอนคือ ขั้นแนะนำแนวคิดเป้าหมาย ขั้นทบทวนแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ขั้นกำหนดคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ขั้นสร้างแผนผังความคิด ขั้นเปรียบเทียบคุณลักษณะของแนวคิดเป้าหมายและแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และขั้นสรุปผลและอภิปรายผล พร้อมแสดงภาพประกอบ การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยเป็นวิธีการสอนที่ใช้อย่างกว้างขวางในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่ยากหรือแนวคิดที่เป็นนามธรรม เช่นการสอนด้วยการเปรียบเทียบกับเนื้อหา อะตอม เซลล์ การสังเคราะห์แสง แผงวงจรไฟฟ้า และระบบนิเวศ พบว่าการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น

Glynn (2007) ได้ศึกษาการเรียนการสอนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยสามารถนำไปใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาได้ โดยครูนำเสนอผลการใช้การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยในชั้นเรียน และอธิบายถึงการเรียนรู้อย่างมีความหมายของนักเรียน ซึ่งเกิดจากการสอบถามและวาดภาพตามแนวคิดที่เข้าใจของนักเรียนในเรื่องนั้นๆ อีกทั้งยังเสนอข้อมูลที่ใช้ในการจัดกิจกรรมต่างๆตามการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมยมีความสำคัญในการช่วยกระตุ้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

Okebukola (2008) ได้ศึกษาจุดเชื่อมโยงความรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์กับวิชาภาษาต่างประเทศที่ใช้การเรียนการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของการเรียนการสอนด้วยการอุปมาอุปไมย (TWA) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 80 คน ในประเทศไนจีเรีย โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (stratified sampling technique) และแบ่งออกเป็นสองกลุ่มโดยใช้เทคนิคการสุ่มอย่างง่าย เพื่อทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน รวบรวมข้อมูลที่ได้ นำไปวิเคราะห์โดยใช้สถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองดำเนินการดีกว่ากลุ่มควบคุม โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศในการทำงาน

Bruce (2016) ได้ออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยแบบ CORE (chemical observations, representations, experimentation) เป็นกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับปรากฏการณ์เคมีในระดับจุลภาค เรื่องพอลิเมอร์ โดยใช้การอุปมาอุปไมยด้วยคลิปหนีบกระดาษ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า พบว่า การจัดกิจกรรมสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Orvis (2016) ได้ศึกษาออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยรูปแบบ Teaching-With-Analogies (TWA) เพื่ออธิบายการเรียกชื่อของสารประกอบแอลเคน โดยใช้ความคล้ายคลึงกันระหว่างบุรุษไปรษณีย์ที่ยังใหม่กับพื้นที่ เส้นทางและจุดหมายปลายทางกับระบบการเรียกชื่อของสารประกอบแอลเคน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยใช้รูปภาพแสดงเส้นทางของบุรุษไปรษณีย์ ระบบเส้นทางและที่อยู่อาศัยตามเส้นทาง สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจระบบการเรียกชื่อสารประกอบแอลเคนได้ง่ายขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ทำให้นักเรียนมีแนวคิดหลังเรียนที่ถูกต้องมากขึ้น สามารถเรียนรู้เนื้อหาที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น พัฒนาทักษะการคิดระดับสูง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระตุ้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi – experimental research) เพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรายละเอียดดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) จากทั้งหมด 4 ห้องเรียน และใช้การสุ่มอย่างง่ายภายในสองห้องเรียน เพื่อกำหนดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน

กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 14 คาบเรียน ประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียน 2 คาบเรียน การจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ 10 คาบเรียน และการทดสอบหลังเรียน 2 คาบเรียน แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ลำดับที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	การทดสอบก่อนเรียน	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1
	แบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	1
2	การจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้	
	พันธะโคเวเลนต์	2
	กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์	1
	พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์	1
	สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	1
	รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	3
	สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	1
	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	1
3	การทดสอบหลังเรียน	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1
	แบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	1
	รวม	**14**

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์

3. แบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 4

การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม มีการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ดังนี้

1.1 ศึกษาตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลัก และธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า มีการกำหนดตัวชี้วัดให้ 1. นักเรียนสามารถระบุว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม และสามารถระบุจำนวนคู่อิเล็กตรอนระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะจากสูตรโครงสร้าง 2. นักเรียนสามารถระบุสภาพขั้วของสารที่โมเลกุลประกอบด้วยสองอะตอม 3. นักเรียนสามารถระบุสารที่เกิดพันธะไฮโดรเจนได้จากสูตรโครงสร้าง และ 4. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตามสภาพขั้วหรือการเกิดพันธะไฮโดรเจน นอกจากนี้ จากการพิจารณาคุณภาพของนักเรียนเมื่อจบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยวและพันธะเคมี ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนและตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 ศึกษาเนื้อหาและสาระสำคัญ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเริ่มจากการศึกษาพันธะภายในโมเลกุลของไฮโดรเจน การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ โครงสร้างเรโซแนนซ์ รูปร่างของโมเลกุล สภาพขั้วและทิศทางของขั้วพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโม เลกุลโคเวเลนต์ รวมทั้งศึกษาสมบัติที่แตกต่างกันของสารประกอบโคเวเลนต์ประเภทโมเลกุลไม่มีขั้วกับโมเลกุลมีขั้ว และอธิบายความสัมพันธ์ของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์ และจากการศึกษาผลการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ตามคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์เคมี เล่ม 1 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556b) กำหนดให้ อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามด้วยโครงสร้างลิวอิส เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารประกอบโคเวเลนต์ คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนต์และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอดเหลวจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์ และเสนอแนะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 10 คาบเรียน ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกำหนดให้มีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 7 แผน ประกอบด้วย ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์และโครงสร้างเรโซแนนซ์ สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตและการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงให้ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับกลุ่มทดลองและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สำหรับกลุ่มควบคุม ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบจะครอบคลุมเนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จำนวนแผน และจำนวนคาบเรียนที่เท่ากัน โดยส่วนประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดเรียนรู้ มีดังนี้

1.3.1 มาตรฐานการเรียนรู้

1.3.2 สาระสำคัญ

1.3.3 ผลการเรียนรู้

1.3.4 สาระการเรียนรู้

1.3.5 กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.3.6 สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1.3.7 วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4 ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย (analogy learning approach) พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้

นักเรียนได้ค้นคว้าหาคำตอบในประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจ ด้วยการนำเอาสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาเปรียบเทียบ สื่อความหมาย และอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต้องการเรียนรู้ เพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อน เป็นนามธรรม และห่างไกลจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพเป็นรูปธรรม เกิดความสนใจในการเรียนรู้ และสามารถเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวันได้มากขึ้น

1.5 ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติที่ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งตามนโยบายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการเสนอแนะให้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E inquiry cycle) ในกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สืบค้นสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าหาคำตอบ โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายถึงสิ่งที่นักเรียนสนใจ และสามารถนำคำอธิบายหรือองค์ความรู้มาใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

2. วางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยผู้วิจัยได้วางแผนปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงแผนปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

สัปดาห์	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	**คาบเรียนที่ 1-2** ชี้แจงการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหรือการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ **คาบเรียนที่ 3 พันธะโคเวเลนต์** พันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์	3
2	**คาบเรียนที่ 4 พันธะโคเวเลนต์ (ต่อ)** ชนิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ **คาบเรียนที่ 5 กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์** การเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ **คาบเรียนที่ 6 พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์** พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์	3

ตาราง 4 (ต่อ)

สัปดาห์	เนื้อหา	จำนวนคาบ
3	**คาบเรียนที่ 7 สารโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต** สารโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรโมเลกุลและเรียกชื่อของโมเลกุลโคเวเลนต์ **คาบเรียนที่ 8-9 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์** การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	3
4	**คาบเรียนที่ 10 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (ต่อ)** การเปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์ **คาบเรียนที่ 11 สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์** สภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ **คาบเรียนที่ 12 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์** แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	3
5	**คาบเรียนที่ 13-14** ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	2
	รวม	**14**

3. ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ครอบคลุมเนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จำนวนแผน และจำนวนคาบเรียนที่เท่ากัน โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบ มีรายละเอียดของการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ที่นำเอาสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน มาอธิบายและเปรียบเทียบกับเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ระดับอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เพื่อให้นักเรียนมองเห็นเป็นรูปธรรม และสามารถอธิบายเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 ขั้นนำ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสังเกตและอธิบายสมบัติทางกายภาพของสารประกอบโคเวเลนต์หรือปรากฏการณ์ทางเคมีที่สังเกตได้ในระดับมหภาค เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ พร้อมตั้งคำถามและกำหนดปัญหาที่จะศึกษาจากการสังเกต โดยครูทำ

หน้าที่เป็นผู้นำเสนอปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น รูปภาพแสดงโมเลกุลและสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์ การสาธิตการเบี่ยงเบนของโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้วในสนามไฟฟ้าสถิต หรือวีดิโอแสดงสถานะของฟลูออรีน (F_2) คลอรีน (Cl_2) โบรมีน (Br_2) และไอโอดีน (I_2) ที่อุณหภูมิห้อง พร้อมกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและตั้งคำถามจากปรากฏการณ์ที่ได้จากการสังเกต

3.1.2 ขั้นสอน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในประเด็นคำถามที่สนใจ โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยรูปแบบ Teaching-With-Analogy Model (TWA) ด้วยการนำเอาสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน มาอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ ประกอบด้วยการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.2.1 ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (introduce the target concept) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนศึกษาแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ที่ใช้เพื่ออธิบายสมบัติทางกายภาพหรือปรากฏการณ์ทางเคมีของสารประกอบโคเวเลนต์ที่ได้จากการสังเกต ด้วยการศึกษาค้นคว้าสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล จากการลงมือปฏิบัติหรือผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยครูทำหน้าที่อธิบาย อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ และตั้งคำถามเพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.1.2.2 ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (review the analogue concept) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ ด้วยสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น การอธิบายแรงดึงและแรงผลักของโปรตอนกับอิเล็กตรอนในกระบวนการเกิดโมเลกุลของไฮโดรเจนด้วยแรงดึงและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับขั้วใต้ การอธิบายพันธะโคเวเลนต์ด้วยการซ้อนทับของแผ่นพลาสติกโดยใช้แผ่นพลาสติกรูปวงกลมแทนอะตอมและเข็มหมุดแทนเวเลนต์อิเล็กตรอน การอธิบายรูปร่างโมเลกุลด้วยการจัดเรียงตัวของลูกโป่งและใช้ดินน้ำมันกับเข็มหมุดแสดงรูปร่างโมเลกุล การอธิบายสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยการพิจารณาเครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันกับเข็มหมุด และการอธิบายชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลด้วยลักษณะการยึดเกาะกันของลวดกำมะหยี่วงกลมโดยลวดกำมะหยี่หนึ่งวงแทนหนึ่งโมเลกุล เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับจุลภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ชัดเจนมากขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนรู้ โดยครูทำหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวก และตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน อีกทั้งครูยังต้องเป็นผู้คอยกำชับเรื่องเวลา เพื่อไม่ให้นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมเกินกว่าที่กำหนดไว้

3.1.2.3 ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในเปรียบเทียบ (identify the relevant features of target and analogue) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนระบุ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งที่มานำใช้ในการอธิบายแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ เพื่อเปรียบเทียบและเชื่อมความสัมพันธ์ของสิ่งที่คุ้นเคยกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ต้องการเรียนรู้ เช่น การอธิบายพันธะโคเวเลนต์ด้วยการซ้อนทับของแผ่นพลาสติกโดยใช้แผ่นพลาสติกรูปวงกลมแทนอะตอมและเข็มหมุดแทนเวเลนต์อิเล็กตรอน มีลักษณะสำคัญ คือ แผ่นพลาสติกรูปวงกลมจะมีสีที่แตกต่างกันแสดงชนิดของธาตุของอะตอมที่แตกต่างกัน จำนวนเข็มหมุดบนแผ่นพลาสติกแต่ละสีจะมีจำนวนแตกต่างกัน แสดงจำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมที่แตกต่างกัน บริเวณที่ซ้อนทับกันของแผ่นพลาสติก แสดงบริเวณที่เกิดพันธะโคเวเลนต์หรือบริเวณที่เกิดการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอม จำนวนเข็มหมุดที่อยู่ในบริเวณที่เกิดการซ้อนทับของแผ่นพลาสติก เป็นเข็มหมุดที่ทำหน้าที่ยึดแผ่นพลาสติกเข้าด้วยกัน แสดงถึงจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์หรือจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และจำนวนเข็มหมุดที่ไม่อยู่ในบริเวณที่เกิดการซ้อนทับของแผ่นพลาสติก เป็นเข็มหมุดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการยึดแผ่นพลาสติก แสดงถึงจำนวนอิเล็กตรอนที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเกิดพันธะโคเวเลนต์หรือจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นและแนะนำให้นักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของสิ่งที่มานำใช้เพื่ออธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์

3.1.2.4 ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ (connect similarities between the target and analogue) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายความคล้ายคลึงกันระหว่างสิ่งที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอภิปรายความคล้ายคลึงของความยาวพันธะและพลังงานพันธะที่ได้จากการพิจารณาโดยใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดกับข้อมูลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ การอภิปรายความคล้ายคลึงระหว่างสภาวะสมดุลของแรงดูดกับแรงผลักของแท่งแม่เหล็กกับสภาวะสมดุลในโมเลกุลไฮโดรเจน และการอภิปรายความคล้ายคลึงระหว่างการจัดเรียงตัวของลูกโป่งกับรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.1.2.5 ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ (indicate the limitations of the analogy) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เมื่อนำสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอภิปรายความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุด มาอธิบายความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

การอภิปรายความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อใช้แรงดึงดูดกับแรงผลักของแท่งแม่เหล็ก มาอธิบายสภาวะสมดุลในโมเลกุลไฮโดรเจน และการอภิปรายความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อใช้การจัดเรียงตัวของลูกโป่ง มาอธิบายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อความแตกต่างระหว่างสองแนวคิด

3.1.2.6 ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (draw conclusions) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสรุปและอธิบายความเข้าใจแนวคิดพันธะโคเวเลนต์ที่ได้เรียนรู้ พร้อมแสดงปรากฏการณ์ทางเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในรูปแบบสัญลักษณ์เคมีหรือสมการเคมี เช่น สูตรโมเลกุล สมการเคมี แสดงการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน (H (g) + H (g) $\longrightarrow$ H_2 (g) + พลังงาน) และสมการเคมี แสดงการเปลี่ยนสถานะของโบรมีน (Br_2 (l) $\longrightarrow$ Br_2 (g)) โดยครูทำหน้าที่ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดและเป็นแนวทางนำไปสู่การสรุปแนวคิดที่ถูกต้อง

3.1.3 ขั้นสรุปและประเมินผล เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เช่น การพิจารณาสภาพขั้วโมเลกุลของน้ำและเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ ประกอบด้วย ระดับมหภาค ซึ่งแสดงปรากฏการณ์การเบี่ยงเบนของน้ำในสนามไฟฟ้าสถิตที่สามารถสังเกตได้ ระดับจุลภาคแสดงสภาพขั้วของโมเลกุลน้ำ ที่พิจารณาจากแรงดึงดูดที่โปรตอนกระทำกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และระดับสัญลักษณ์ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีและเครื่องหมายลูกศรแสดงทิศทางสภาพขั้วของโมเลกุลน้ำ โดยครูทำหน้าที่ตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และประเมินความรู้จากการตอบคำถาม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E inquiry cycle) ที่ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นให้นักเรียนได้คิดและค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นขั้นการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม และกระตุ้นความสนใจจากการสังเกตรูปภาพโมเลกุลโคเวเลนต์ สมบัติทางกายภาพของสารประกอบโคเวเลนต์ วีดิโอแสดงกระบวนการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ หรือการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การคาดคะเนคำตอบ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างเท่าเทียม

3.2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นขั้นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูล จากการลงมือปฏิบัติหรือผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถสร้างความเข้าใจในประเด็นคำถามที่ศึกษา โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้คอยแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ พร้อมกำชับเรื่องเวลาเพื่อไม่ให้ใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดไว้

3.2.3 ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นขั้นการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอความรู้ของตนเองเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ ในรูปแบบแผนภาพหรือตารางแสดงความสัมพันธ์ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันลงข้อสรุปจากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบคำถามที่เป็นแนวทางนำไปสู่การลงข้อสรุป

3.2.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นการขยายความรู้และความเข้าใจของนักเรียนไปสู่แนวคิดใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่กว้างขวางมากขึ้น โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ยกตัวอย่างหรือนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ที่สร้างขึ้นมาประยุกต์ใช้

3.2.5 ขั้นประเมินผล (evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้และความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีรายละเอียดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทั้งสองรูปแบบ แสดงในภาคผนวก ง ตารางการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้

วิธีการหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 4

การหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สำหรับกลุ่มควบคุม มีการดำเนินการดังนี้

1. ประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญ

ด้านเนื้อหา 2 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยประเมินสอดคล้องขององค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 ด้าน ประกอบด้วย ด้านจุดประสงค์ ด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการประเมินผล ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง และนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

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

โดยสามารถหาค่าความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้จากการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (พรรณี ลีกิจวัฒนะ, 2555) จากสูตร

$$\mathrm{IOC} = \frac{\sum \mathrm{R}}{\mathrm{N}}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum \mathrm{R}$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ผู้วิจัย พบว่า ผลการประเมินคุณภาพด้านความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ทั้งด้านจุดประสงค์ ด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการประเมินผล เท่ากับ 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.2 ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้งสองแบบ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน เพื่อพิจารณาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และจากผลการพิจารณาตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสรุปได้ 4 ประเด็น ดังตาราง 5

ตาราง 5 ข้อเสนอแนะจากการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นปรับแก้ไข	ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
1. ด้านเนื้อหาสาระ	- ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้และประเมินเนื้อหาสาระแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พันธะโคเวเลนต์ โดยให้ปรับเพิ่มการอธิบายโครงสร้างลิวอิสแบบจุดและแบบเส้นพร้อมกัน - ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้และเประเมินเนื้อหาสาระแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยให้เพิ่มการทบทนนิยามและแนวโน้มของค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี
2. ด้านขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	- ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบปกติขั้นตอนการสร้างความสนใจ โดยใช้การตั้งคำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิม และเพิ่มปรากฏการณ์ทางเคมีเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน - ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับเพิ่มสื่อภาพเคลื่อนไหว เพื่อแสดงและอธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ และสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ - ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับเพิ่มการอธิบายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และมุมระหว่างพันธะโคเวเลนต์ด้วยโปรแกรมจาก PhET INTERACTIVE SIMULATIONS
3. ด้านการใช้ภาษา	- ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้คำศัพท์ให้ตรงกับศัพท์บัญญัติของกระทรวงศึกษาธิการ - ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้คำถามที่ถามว่า ... “หรือไม่”... ปรับแก้เป็น ...“หรือไม่ อย่างไร”...
4. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	- ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้ใบกิจกรรมให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ - ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้แบบทดสอบหลังเรียนให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและความสามารถที่ต้องการวัด - ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาระบุเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ให้ชัดเจน

2. ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหาสาระ การจัดการเรียนรู้ การใช้ภาษา และการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3. นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับปริมาณเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การสื่อความหมาย และความเหมาะสมด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ใบกิจกรรม และแบบฝึกหัด จากการสัมภาษณ์และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีข้อบกพร่องด้านการสื่อความหมายบางประโยคไม่ชัดเจน การจัดลำดับใบกิจกรรมบางส่วนไม่สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และปริมาณแบบฝึกหัดในแต่ละกิจกรรมมากเกินไป ทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไขการสื่อความหมาย การจัดลำดับใบกิจกรรม และปรับลดปริมาณแบบฝึกหัด เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามเวลาที่กำหนด และส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีข้อบกพร่อง ด้านการสื่อความหมายที่ไม่ชัดเจน และปริมาณแบบฝึกหัดในแต่ละกิจกรรมมากเกินไป ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแก้ไขการสื่อความหมาย และปรับลดปริมาณแบบฝึกหัด เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามเวลาที่กำหนด

3.2 ทดลองกับนักเรียนกลุ่มกลาง จำนวน 9 คน เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จากสังเกตการปฏิบัติกิจกรรม ผลงานการปฏิบัติกิจกรรม การทำใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยบางส่วนยังไม่คุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำเอาสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาอธิบาย สื่อความหมาย และเปรียบเทียบกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ต้องการเรียนรู้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สาธิตและอธิบายขั้นตอนก่อนการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการปฏิบัติกิจกรรมที่ตรงกัน และไม่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า การสื่อความหมายมีความชัดเจนและสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น แบบฝึกหัดมีปริมาณเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม และการจัดลำดับของเนื้อหาความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

3.3 ทดลองกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เกณฑ์ที่ใช้หาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ พิจารณาจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ซึ่งกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพระหว่างเรียนต่อประสิทธิภาพหลังเรียน E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

กำหนดให้

E_1 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 70%

E_2 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 70%

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพันธะโคเวเลนต์

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีรายละเอียดการดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การเขียนข้อสอบและเทคนิคที่ใช้วัดผลการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ศึกษาตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) คู่มือครู และเอกสารที่เกี่ยวกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อกำหนดจุดประสงค์ ขอบเขตสาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้

3. สร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ โดยครอบคลุมสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวทางของบลูม 4 ด้าน คือ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ รวมทั้งกำหนดจำนวนข้อในแต่ละเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังตาราง 6

ตาราง 6 จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ผลการเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้				รวม (ข้อ)
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พันธะโคเวเลนต์					
โครงสร้างลิวอิสของสารประกอบโคเวเลนต์	1	-	2	-	6
จำแนกชนิดของพันธะโคเวเลนต์	-	1	-	-	
ระบุจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวและอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ	-	1	-	-	
เปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	-	-	-	1	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเกิดพันธะโคเวเลนต์					
อธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์	1	-	-	-	5
ระบุตำแหน่งพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ	-	2	-	-	
กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน	-	-	2	-	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์					
อธิบายลักษณะของพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์	-	1	-	-	3
โครงสร้างลิวอิสของสารที่เกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์	-	1	1	-	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต					
โครงสร้างลิวอิสของสารที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	-	1	-	-	3
การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	2	-	-	-	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 รูปร่างโมเลกุล					
ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	-	-	2	2	5
เปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์	-	-	-	1	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์					
อธิบายการเกิดสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์	-	2	-	-	4
จำแนกสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	-	-	1	-	
ระบุทิศทางของขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	-	1	-	-	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์					
อธิบายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	1	-	-	-	4
จำแนกชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	-	-	2	-	
เปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์	-	-	-	1	
รวม	5	10	10	5	30

4. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ให้ตรงตามผลการเรียนรู้และครอบคลุมสาระการเรียนรู้ แต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว และมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

วิธีการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพันธะโคเวเลนต์

1. ประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เป็นการพิจารณาข้อคำถามเป็นรายข้อ ที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง และนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

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

ผู้วิจัย พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.33-1.00 โดยปรับปรุงข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในข้อที่ได้คะแนนไม่ถึง 0.50 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2. นำแบบทดสอบที่คัดเลือกและที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์มาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน

3. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจสอบคะแนนเรียบร้อยแล้ว หาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50% คำนวณจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

$$p = \frac{Ru + Rl}{2f}$$

$$r = \frac{Ru - Rl}{f}$$

เมื่อ p แทน ระดับความยากง่าย

Ru แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

Rl แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

f แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

r แทนค่าอำนาจจำแนก

จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.57 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปไว้ จำนวน 30 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

4. วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบ โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson (พรรณี ลีกิจวัฒนะ, 2555)

$$r_{tt} = \frac{k}{(k-1)}\left(1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัด

k แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ $= \frac{R}{N}$

เมื่อ R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้น

N แทน จำนวนผู้สอบ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิด ในแต่ละข้อ $= 1 - p$

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

จากการวิเคราะห์ พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.74 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบมีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก ง)

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดการดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นำไปใช้ในการวิจัย

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การเขียนข้อสอบและเทคนิคที่ใช้วัดผลการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

3. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบ ได้แก่

ส่วนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Anton E. Lawson ที่มีข้อคำถามและเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ จำนวน 14 คำถาม หรือ 28 ข้อสอบ ซึ่งแต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

ส่วนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 20 เหตุการณ์ หรือ 20 ข้อสอบ ประกอบด้วยข้อคำถามและการเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือยืนยันข้อสรุป โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนการเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือยืนยันข้อสรุปแบบรูบริกส์ (rubric assessment) จำนวน 5 ระดับคะแนน ดังตาราง 7

ตาราง 7 เกณฑ์การให้คะแนนการเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือยืนยันข้อสรุป

ระดับคะแนน	ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
4 (ดีมาก)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถอธิบายสื่อความหมายแนวคิด แสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ หรือยืนยันข้อสรุป มีการอ้างอิงหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ชัดเจนรัดกุม และมีการแสดงเหตุผลที่สมเหตุสมผล
3 (ดี)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถอธิบายสื่อความหมายแนวคิด แสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ หรือยืนยันข้อสรุป มีการอ้างอิงหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน หรือมีการแสดงเหตุผลที่ไม่รัดกุมเพียงพอ
2 (พอใช้)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถอธิบายสื่อความหมายแนวคิด แสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ หรือยืนยันข้อสรุป มีการอ้างอิงหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพียงบางส่วน มีข้อบกพร่องบางประการ หรือมีการแสดงเหตุผลที่บกพร่อง ไม่ชัดเจน อ้างอิงไม่ถูกต้อง ไม่สมเหตุสมผลในบางกรณี
1 (ปรับปรุง)	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถอธิบายสื่อความหมายแนวคิด หรือแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ ยืนยันข้อสรุป ด้วยการอ้างอิงหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง หรือมีการแสดงเหตุผลที่ไม่สมเหตุสมผล
0 (ไม่มีความพยายาม)	นักเรียนไม่แสดงข้อความหรือร่องรอยการเขียนอธิบายสื่อความหมายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนไม่ได้ทำ

วิธีการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1. ประเมินความสอดคล้องด้านองค์ประกอบของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการพิจารณาข้อคำถามเป็นรายข้อ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง และนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

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

ผู้วิจัย พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.33-1.00 โดยปรับปรุงข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในข้อที่ได้คะแนนไม่ถึง 0.50 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2. นำแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์มาแล้วที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน

3. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละส่วนประกอบของแบบทดสอบ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดให้ 0 คะแนน

ส่วนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เป็นข้อสอบอัตนัย มีเกณฑ์การให้คะแนนการเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือยืนยันข้อสรุปแบบรูบริกส์ (rubric assessment) จำนวน 5 ระดับคะแนน

4. นำผลการทดสอบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50% ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จากสูตร

$$p = \frac{Ru + Rl}{2f}$$

$$r = \frac{Ru - Rl}{f}$$

เมื่อ p แทน ระดับความยากง่าย

Ru แทนจำนวนนักเรียนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

Rl แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

f แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

r แทน ค่าอำนาจจำแนก

ส่วนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เป็นข้อสอบอัตนัย วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จากสูตร

$$p = \frac{\sum X_H + \sum X_L + 2nX_{min}}{2n(X_{max} - X_{min})}$$

$$r = \frac{\sum X_H - \sum X_L}{n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ p แทน ระดับความยากง่าย

$\sum X_H$ แทน ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มสูง

$\sum X_L$ แทน ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มต่ำ

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดของข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดของข้อนั้น

n แทน จำนวนผู้ตอบในแต่ละกลุ่ม

r แทน ค่าอำนาจจำแนก

5. คัดเลือกข้อสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.40 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปไว้ จำนวน 10 คำถาม หรือ 20 ข้อสอบ

ส่วนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-0.42 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไปไว้ จำนวน 10 เหตุการณ์ หรือ 10 ข้อสอบ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

6. นำแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson

$$r_{tt} = \frac{k}{(k-1)}(1 - \frac{\sum pq}{s^2})$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัด

k แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ $= \frac{R}{N}$

เมื่อ R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้น

N แทน จำนวนผู้สอบ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิด ในแต่ละข้อ $= 1 - p$

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

จากการวิเคราะห์ พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

ส่วนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) โดยคำนวณจากวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach

$$\propto = \frac{k}{k-1}(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2})$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด

k แทน จำนวนข้อสอบ

$\sum$ แทน ผลรวม

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

จากการวิเคราะห์ พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่า แบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก ง)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การพัฒนาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi - experimental design) ดำเนินการทดลองโดยประยุกต์ตามแบบแผนการวิจัยแบบ Non-randomized control group pretest-posttest design มีแบบแผนการทดลอง ดังตาราง 8

ตาราง 8 แบบแผนการทดลองแบบ Non-randomized control group pretest-posttest design

กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน	วิธีการจัดการเรียนรู้	ทดสอบหลังเรียน
E	T_{1E}	X_E	T_{2E}
C	T_{1C}	X_C	T_{2C}

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E_1 แทน กลุ่มทดลอง

C แทน กลุ่มควบคุม

T_{1E} ,T_{1C} แทน การทดสอบก่อนเรียน

T_{2E} ,T_{2C} แทน การทดสอบหลังเรียน

X_E แทน การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

X_C แทน การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. การเลือกสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 35 คน จากทั้งหมด 4 ห้องเรียน และใช้การสุ่มอย่างง่ายภายในสองห้องเรียน เพื่อกำหนดเป็นกลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ทดสอบก่อนเรียนของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 2 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสำหรับกลุ่มทดลอง และการจัดการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ด้วยเนื้อหาและระยะเวลา จำนวน 10 คาบเรียน เท่ากันทั้งสองกลุ่ม ซึ่งมีรายละเอียดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบ แสดงในภาคผนวก ง ตารางการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียนของทั้งสองกลุ่ม ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ชุดเดิม

5. วิเคราะห์ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยนำคะแนนจากตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุเชิงวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแบบ t-test dependent samples

2. ศึกษาความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้คะแนนจากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแบบ t-test independent samples

3. ศึกษาความแตกต่างของความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้คะแนนจากการทดสอบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแบบ t-test independent samples

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) มีดังนี้

4.1 สถิติพื้นฐาน

4.1.1 หาค่าเฉลี่ย คำนวณจากสูตร

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน คำนวณจากสูตร

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

เมื่อ S แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมด

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ คำนวณจากสูตร t-test dependent sample

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนนักเรียน

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)

4.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จาก t-test independent sample

$$t = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_2}}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \; ; \; df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต

$\overline{X_1}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนนักเรียนกลุ่มทดลอง

$\overline{X_2}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนนักเรียนกลุ่มควบคุม

S_1^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนกลุ่มทดลอง

S_2^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนกลุ่มควบคุม

n_1 แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลอง

n_2 แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มควบคุม

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล นำเสนอตามความมุ่งหมายและสมมติฐานของการวิจัย ต่อไปนี้

ความมุ่งหมายข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพ

สมมติฐานข้อที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

ความมุ่งหมายข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานข้อที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความมุ่งหมายที่ 1 เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพ

สมมติฐานข้อที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพระหว่างเรียนต่อประสิทธิภาพหลังเรียน E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70 โดยใช้คะแนนแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1) และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (E_2) เป็นเครื่องมือวัด จากการศึกษาและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

ตาราง 9 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1) และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (E_2) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 30 คน

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (E_1)	30	70	50.77	5.04	72.52
หลังเรียน (E_2)	30	30	21.70	2.77	72.33

จากตาราง 9 พบว่า การทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 7 แผน แผนการจัดการเรียนรู้ละ 10 ข้อ จำนวน 10 คะแนน จากคะแนนเต็ม 70 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 50.77 หรือร้อยละ 72.52 และจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 21.70 หรือร้อยละ 72.33 จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 72.52/72.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 1 สมมติฐานข้อที่ 1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70 โดยใช้คะแนนแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1) และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (E_2) เป็นเครื่องมือวัด จากการศึกษาและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานได้ ดังต่อไปนี้

ตาราง 10 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1) และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (E_2) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 30 คน

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (E_1)	30	70	49.80	4.92	71.14
หลังเรียน (E_2)	30	30	21.20	2.42	70.67

จากตาราง 10 พบว่า การทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 7 แผน แผนการจัดการเรียนรู้ละ 10 ข้อ จำนวน 10 คะแนน จากคะแนนเต็ม 70 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 49.80 หรือร้อยละ 71.14 และจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจัดการเรียนรู้แบบปกติครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 21.20 หรือร้อยละ 70.67 จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 71.14/70.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดไว้ และเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 1 สมมติฐานข้อที่ 1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

ความมุ่งหมายข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานข้อที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน มาเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples ปรากฏผลดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S. D.	$\sum D$	$\sum D^2$	t	p
ก่อนเรียน	35	30	8.40	2.97	545	8861	27.75*	0.00
หลังเรียน	35	30	23.97	3.83				

(*$t_{.05,34}$ = 1.6909)

จากตาราง 11 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.40 และ 2.97 ตามลำดับ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 23.97 และ 3.86 ตามลำดับ จากสถิติทดสอบ t-test dependent samples ได้ค่าเท่ากับ 27.75 ค่าองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 34 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 2 สมมติฐานข้อที่ 2 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

จากนั้นผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยแบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม ประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ มาเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples ปรากฏผลดังตาราง 12

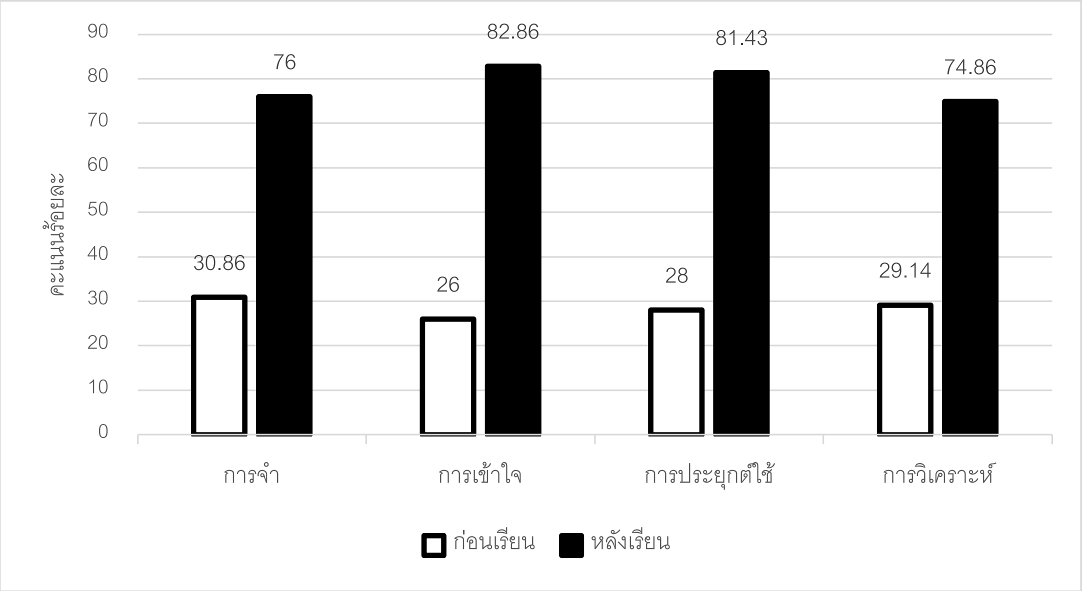
ตาราง 12 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน

พฤติกรรม	การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	$\sum D$	$\sum D^2$	t	p	df
การจำ	ก่อนเรียน	5	1.54	1.07	79	223	11.65*	0.00	34
	หลังเรียน	5	3.80	1.11					
การเข้าใจ	ก่อนเรียน	10	2.60	1.42	199	1225	20.28*	0.00	
	หลังเรียน	10	8.29	1.45					
การประยุกต์ใช้	ก่อนเรียน	10	2.80	1.18	187	1099	18.44*	0.00	
	หลังเรียน	10	8.14	1.77					
การวิเคราะห์	ก่อนเรียน	5	1.46	1.15	80	250	9.62*	0.00	
	หลังเรียน	5	3.74	1.01					

($^*t_{.05,34}$ = 1.6909)

จากตาราง 12 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยแบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม ซึ่งประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.54, 2.60, 2.80 และ 1.46 ตามลำดับ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80, 8.29, 8.14 และ 3.74 ตามลำดับ จากสถิติทดสอบ t-test dependent samples ได้ค่าเท่ากับ 11.65, 20.28, 18.44 และ 9.62 ตามลำดับ ค่าองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 34 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

นำข้อมูลจากตาราง 12 มาเขียนแผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์

จากภาพประกอบ 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีคะแนนร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนได้คะแนนร้อยละด้านการเข้าใจมากที่สุด ตามด้วยการประยุกต์ใช้ การจำ และการวิเคราะห์ ตามลำดับ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน มาเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples ปรากฏผลดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	$\sum D$	$\sum D^2$	t	p
ก่อนเรียน	35	72	5.06	2.74	698	18480	10.19*	0.00
หลังเรียน	35	72	25.00	11.05				

(*$t_{.05,34}$ = 1.6909)

จากตาราง 13 พบว่า คะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จากคะแนนเต็ม 72 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.06 และ 2.74 ตามลำดับ คะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 25.00 และ 11.05 ตามลำดับ และจากสถิติทดสอบ t-test dependent samples ได้ค่าเท่ากับ 10.19 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 2 สมมติฐานข้อที่ 2 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

จากนั้นผู้วิจัยได้นำคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยแบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ คือ ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Anton E. Lawson และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย มาเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยวิธีทางสถิติ t-test dependent samples ปรากฏผลดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน

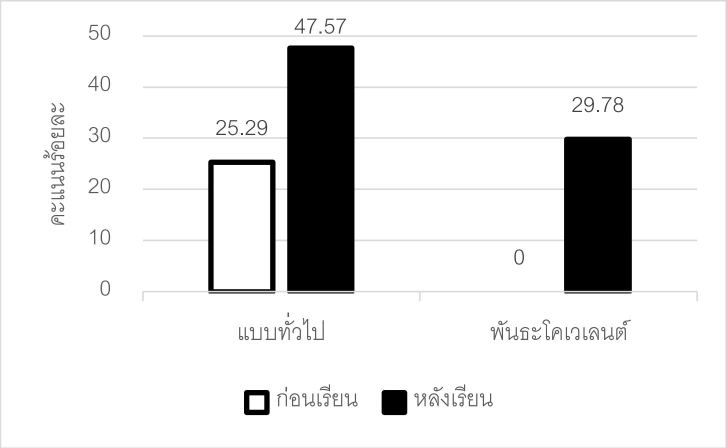
การให้เหตุผล	การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	$\sum D$	$\sum D^2$	t	p	df
แบบทั่วไป	ก่อนเรียน	20	5.05	2.74	156	898	10.80*	0.0	34
	หลังเรียน	20	9.51	2.72					
พันธะโคเวเลนต์	ก่อนเรียน	52	0.00	0.00	542	11794	9.16*	0.0	
	หลังเรียน	52	15.49	10.00					

(*$t_{.05,34}$ = 1.6909)

จากตาราง 14 พบว่า คะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ คือ ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.05 และ 0.00 ตามลำดับ และคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.51 และ 15.49 ตามลำดับ จากสถิติทดสอบ t-test dependent samples ได้ค่าเท่ากับ 10.80 และ 9.16 ตามลำดับ มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นำข้อมูลจากตาราง 14 มาเขียนแผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์

จากภาพประกอบ 4 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีคะแนนร้อยละความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนได้คะแนนร้อยละในส่วนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป มากกว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ความมุ่งหมายข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานข้อที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน มาเปรียบเทียบผลต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่ม โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples ปรากฏผลดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p
กลุ่มทดลอง	35	30	23.97	3.83	1.76*	68	0.041
กลุ่มควบคุม	35	30	22.37	3.77			

(*$t_{.05,68}$ = 1.6676)

จากตาราง 15 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 23.97 และ 3.83 ตามลำดับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 22.37 และ 3.77 ตามลำดับ จากสถิติทดสอบ t-test independent samples ได้ค่าเท่ากับ 1.76 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.041 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 2 สมมติฐานข้อที่ 3

จากนั้น ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม ซึ่งประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ มาเปรียบเทียบผลต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่ม ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples ปรากฏผลดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

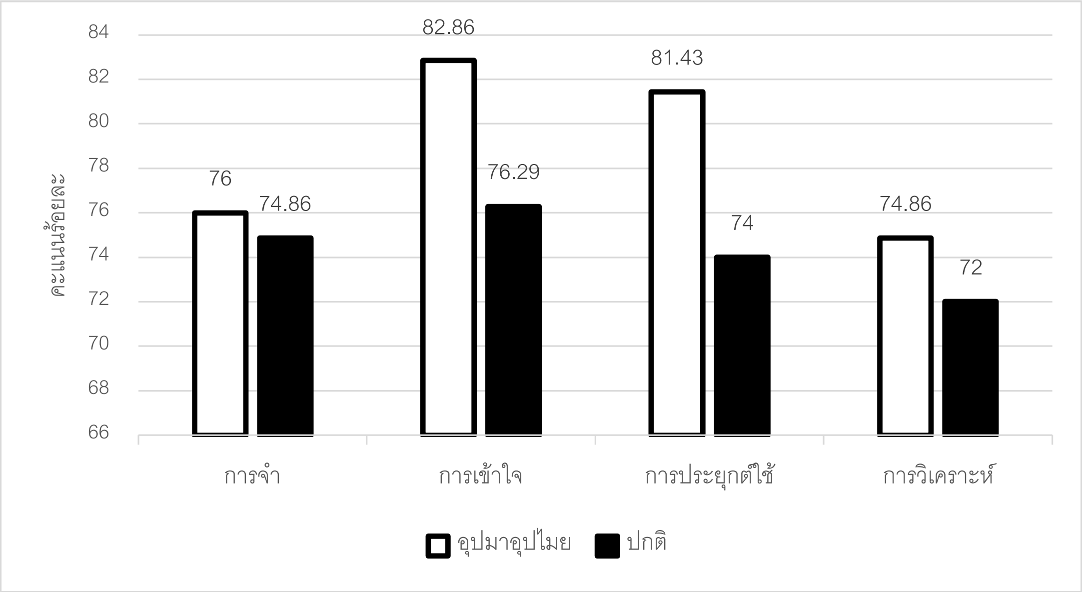
พฤติกรรม	กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	p	df
การจำ	กลุ่มทดลอง	5	3.80	1.11	0.22	0.413	68
	กลุ่มควบคุม	5	3.74	1.07			
การเข้าใจ	กลุ่มทดลอง	10	8.29	1.45	1.78*	0.039	
	กลุ่มควบคุม	10	7.63	1.63			
การประยุกต์ใช้	กลุ่มทดลอง	10	8.14	1.77	2.00*	0.025	
	กลุ่มควบคุม	10	7.40	1.31			
การวิเคราะห์	กลุ่มทดลอง	5	3.74	1.01	0.58	0.283	
	กลุ่มควบคุม	5	3.60	1.06			

(*$t_{.05,68}$ = 1.6676)

จากตาราง 16 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80, 8.29, 8.14 และ 3.74 ตามลำดับ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.74, 7.63, 7.40 และ 3.60 ตามลำดับ และจากสถิติทดสอบ t-test independent samples ได้ค่าเท่ากับ 0.22, 1.78, 2.00 และ 0.58 ตามลำดับ มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.413, 0.039, 0.025 และ 0.283 ตามลำดับ ซึ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการเข้าใจและการประยุกต์ใช้ ที่มีเลขนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05 แสดงว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยมีพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการเข้าใจและการประยุกต์ใช้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการจำและการวิเคราะห์ ที่มีเลขนัยสำคัญทาง

สถิติมากกว่า 0.05 แสดงว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการจำและการวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

นำข้อมูลจากตาราง 16 มาเขียนแผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

จากภาพประกอบ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ มากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยผลต่างคะแนนร้อยละระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ด้านการประยุกต์ใช้มากที่สุด ตามด้วยการเข้าใจ การวิเคราะห์ และการจำ ตามลำดับ

ความมุ่งหมายข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานข้อที่ 4 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน มาเปรียบเทียบผลต่างระหว่างความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่ม ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples ดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p
กลุ่มทดลอง	35	72	25.00	11.05	2.37*	68	0.010
กลุ่มควบคุม	35	72	19.20	9.34			

(*$t_{.05,68}$ = 1.6676)

จากตาราง 17 พบว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน จากคะแนนเต็ม 72 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 25.00 และ 11.05 ตามลำดับ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน ได้คะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 19.20 และ 9.34 ตามลำดับ จากสถิติทดสอบ t-test independent samples ได้ค่าเท่ากับ 2.37 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.010 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 2 สมมติฐานข้อที่ 3

จากนั้น ผู้วิจัยได้นำคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ คือ ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มาเปรียบเทียบผลต่างของทั้งสองกลุ่ม ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples ปรากฏผลดังตาราง 18

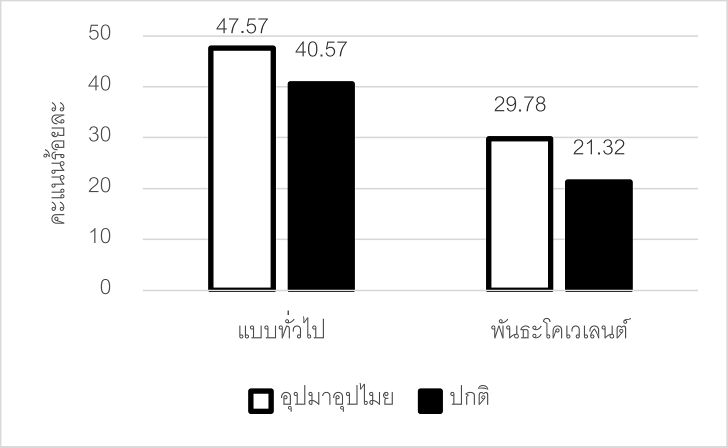
ตาราง 18 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย กับนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ

การให้เหตุผล	กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	p	df
แบบทั่วไป	กลุ่มทดลอง	20	9.51	2.72	2.11*	0.019	68
	กลุ่มควบคุม	20	8.11	2.85			
พันธะโคเวเลนต์	กลุ่มทดลอง	52	15.49	10.00	1.98*	0.026	
	กลุ่มควบคุม	52	11.09	8.57			

($^*t_{.05,68}$ = 1.6676)

จากตาราง 18 พบว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ซึ่งแบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ คือ ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.51 และ 15.49 ตามลำดับ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.11 และ 11.09 ตามลำดับ จากสถิติทดสอบ t-test independent samples ได้ค่าเท่ากับ 2.11 และ 1.98 ตามลำดับ มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.019 และ 0.026 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยมีความสามารถการให้เหตุเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไปและความสามารถการให้เหตุเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

นำข้อมูลจากตาราง 18 มาเขียนแผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบระหว่างนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

จากภาพประกอบ 6 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีคะแนนร้อยละของความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ คือ ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยผลต่างคะแนนร้อยละในส่วนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มากกว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาของงานวิจัย ได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพ

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้กำหนดเนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลในการจัดการเรียนรู้ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. นำผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาพัฒนาเป็นแผนจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบ ผ่านการประเมินความสอดคล้องและเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า การจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบมีความเหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้

3. ทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน ครั้งที่ 2 ทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มกลาง จำนวน 9 คน และ ครั้งที่ 3 ทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

4. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70 โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1) และคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ (E_2) เป็นเครื่องมือวัด (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 72.52/72.33 และ 71.14/70.67 ตามลำดับ ซึ่งเป็นตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 35 คน ซึ่งได้มาจากวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มจากทั้งหมด 4 ห้องเรียน และใช้การสุ่มอย่างง่ายภายในสองห้องเรียน เพื่อกำหนดเป็นกลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ดำเนินการดังนี้

1.1 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 60 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

1.2 ประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า ผลการประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.33-1.00 และปรับปรุงข้อสอบที่ได้คะแนนไม่ถึง 0.50 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.3 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์มาแล้วและไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 30 คน จากนั้นนำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน เพื่อหาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.57 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ

1.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบ จากสูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.74

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน

2. ด้านความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดำเนินการดังนี้

2.1 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีลักษณะเป็นข้อสอบเลือกตอบ ปรับปรุงจากแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Anton E. Lawson ที่มีข้อคำถามและเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ จำนวน 14 เหตุการณ์ หรือ 28 ข้อสอบ และส่วนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย ที่มีข้อคำถามและการเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ จำนวน 20 ข้อสอบ

2.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า ผลการประเมิน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.33-1.00 และปรับปรุงข้อสอบที่ได้คะแนนไม่ถึง 0.50 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.3 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์มาแล้ว และไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน จากนั้นนำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน เพื่อหาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ และคัดเลือกข้อสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.40 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 10 เหตุการณ์ หรือ 20 ข้อสอบ และคัดเลือกข้อสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-0.42 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป จำนวน 10 เหตุการณ์ หรือ 10 ข้อสอบ

2.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป จากสูตร KR-20 ของคู Kuder-Richardson เท่ากับ 0.79 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ จากการหาประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach เท่ากับ 0.84

2.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 35 คน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน

3. นำการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปใช้ทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

3.1 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples

3.2 ศึกษาผลต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples

3.3 ศึกษาผลต่างระหว่างความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้คะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ด้วยวิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 72.52/72.33 และ 71.14/70.67 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70 ที่กำหนดไว้

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยมีความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1.การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 72.52/72.33 และ 71.14/70.67 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 1 สมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้

ประการแรก การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดผลการเรียนรู้ และออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมและมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน โดยคำนึงถึงความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแนวทางของ Shawn M. Glynn (1991) ที่เรียกว่า Teaching-With-Analogy Model (TWA) ด้วยการนำสิ่งที่อยู่รอบตัวหรือสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน มาเปรียบเทียบและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับจุลภาคที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น การอธิบายแรงดึงและแรงผลักของโปรตอนกับอิเล็กตรอนในกระบวนการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจนด้วยแรงดึงและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับขั้วใต้ การอธิบายพันธะโคเวเลนต์ด้วยการซ้อนทับของแผ่นพลาสติกโดยใช้แผ่นพลาสติกรูปวงกลมแทนอะตอมและเข็มหมุดแทนเวเลนต์อิเล็กตรอน การอธิบายรูปร่างโมเลกุลด้วยการจัดเรียงตัวของลูกโป่งและใช้ดินน้ำมันกับเข็มหมุดแสดงรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ การอธิบายสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยการพิจารณาเครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันกับเข็มหมุด และการอธิบายชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลด้วยลักษณะการยึดเกาะกันของลวดกำมะหยี่โดยลวดกำมะหยี่วงกลมหนึ่งวงแทนหนึ่งโมเลกุล ซึ่งการอุปมาอุปไมยจะช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพและเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระดับจุลภาคได้ง่ายขึ้น พร้อมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนสร้างจินตนาการในการทำความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จากการเปรียบเทียบและเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สามารถสังเกตได้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีการออกแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ Alex H. Johnstone (1993) เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาเคมีอย่างสมบูรณ์ และสามารถ

เชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ จากผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 72.52/72.33 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิชัย วิชัยดิษฐ (2553) ที่ได้ศึกษาและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องชีววิทยาเกี่ยวกับพืช สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า การเรียนรู้ที่สอดแทรกเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mitchell R. M. Bruce (2016) ที่ได้ศึกษาและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า การเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจาก การพัฒนาแผนจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดผลการเรียนรู้ และออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมและมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน โดยคำนึงถึงความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E inquiry cycle) ที่ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556a) ได้เสนอแนะขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1. ขั้นการสร้างความสนใจ 2. ขั้นการสำรวจและค้นหา 3. ขั้นการสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป 4. ขั้นการขยายความรู้ และ 5. ขั้นการประเมินผล จากผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 71.14/70.67 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัช ยะสุคำ (2555) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อับดุลเลาะ อูมาร์ (2560) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เรื่องสมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประการที่สอง แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน เพื่อพิจารณาข้อบกพร่องและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข แผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้และหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ ทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มกลาง จำนวน 9 คน เพื่อศึกษาความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบ อุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรัทยา มณีรัตน์ (2560) ที่ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปประเมินคุณภาพและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แล้วนำไปทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องมือจากนักเรียนกลุ่มเล็ก 3 คน นักเรียนกลุ่มกลาง 9 คน และนักเรียนกลุ่มใหญ่ 37 คน พบว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้เป็นอย่างดีและแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

2. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 2 สมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้

ประการแรก การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ขั้นนำ เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนจากการสังเกตสมบัติทางกายภาพของสารประกอบโคเวเลนต์หรือปรากฏการณ์ทางเคมีที่สังเกตได้ในระดับมหภาค เช่น การเบี่ยงเบนของโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้วในสนามไฟฟ้าสถิต จากนั้นร่วมกันตั้งคำถามและกำหนดปัญหาที่จะศึกษา ขั้นที่ 2 ขั้นสอน เป็นการสร้างความเข้าใจในประเด็นคำถามที่

นักเรียนสนใจ โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยแบบ Teaching-With-Analogy Model (TWA) ด้วยการนำเอาสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน มาเปรียบเทียบและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ เช่น การอธิบายพันธะโคเวเลนต์ด้วยการซ้อนทับของแผ่นพลาสติก การอธิบายรูปร่างโมเลกุลด้วยการจัดเรียงตัวของลูกโป่ง และการอธิบายสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยการพิจารณาเครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันกับเข็มหมุด เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่คุ้นเคยกับความรู้ใหม่ที่ต้องการเรียนรู้ จากการเปรียบเทียบและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สามารถสังเกตได้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน คือ 1. การนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 2. การนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 3. การระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 4. การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ 5. การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ และ 6. การสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และขั้นที่ 3 ขั้นสรุปและประเมินผล เป็นการสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เคมีทั้งสามระดับ เช่น การอธิบายสภาพขั้วของโมเลกุลน้ำ ซึ่งประกอบด้วยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ปรากฏการณ์ระดับมหภาคที่แสดงการเบี่ยงเบนของน้ำในสนามไฟฟ้าสถิต ปรากฏการณ์ระดับจุลภาคที่แสดงสภาพขั้วของโมเลกุลน้ำซึ่งพิจารณาจากแรงดึงดูดที่โปรตอนกระทำกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และปรากฏการณ์ระดับสัญลักษณ์ที่ใช้เครื่องหมายลูกศรแสดงทิศทางสภาพขั้วของโมเลกุลน้ำ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการมองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางเคมีและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เคมีทั้งสามระดับได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยไม่ได้เป็นเพียงการเรียนรู้ด้วยการบรรยายบนกระดานเพียงอย่างเดียว มีการตั้งคำถามและกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงคำตอบด้วยตนเองและมีการประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละแผนการจัดเรียนรู้ จึงทำให้ครูสามารถประเมินความเข้าใจของนักเรียนและปรับแก้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ได้ อีกทั้งยังเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากการระบุ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และอธิบายลักษณะที่คล้ายคลึงและแตกต่างระหว่างแนวคิดที่คุ้นเคยกับแนวคิดที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guerra-Ramos (2010) พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีระบบ เป็นเหตุเป็นผล และพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่

นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ต้องการเรียนรู้และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฟื่องฟ้า บุญกอง (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดกิจกรรม อยู่ในระดับสมบูรณ์และระดับเข้าใจถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และนักเรียนมีคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประการที่สอง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยแบ่งตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม ซึ่งประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีคะแนนร้อยละด้านการเข้าใจมากที่สุด ตามด้วย การประยุกต์ใช้ การจำ และการวิเคราะห์ ตามลำดับ สามารถอภิปรายได้ว่า การอุปมาอุปไมย ที่นำเอาสิ่งของที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน มาเปรียบเทียบและอธิบายเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคและไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ได้แก่ การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น จากการมองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางเคมีเป็นรูปธรรม และการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สามารถสังเกตได้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงเกิดความเข้าใจในเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ที่ถูกต้องมากขึ้น สามารถอธิบายและแปลความรู้จากโครงสร้างโมเลกุล รูปร่างโมเลกุล หรือสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ง่ายขึ้น และสามารถนำความรู้ความเข้าใจไปใช้ในการเขียนโครงสร้างโมเลกุล การทำนายรูปร่างโมเลกุล หรือการจำแนกชนิดของสภาพขั้วของโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นการพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการเข้าใจและการประยุกต์ใช้ มากกว่าด้านการจำ ซึ่งเป็นความสามารถในการระลึกได้ในสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วและเป็นการตอบคำถามที่มีคำตอบแน่นอน เช่น คำจำกัดความ การเรียกชื่อและการเขียนสูตรของโมเลกุลโคเวเลนต์ และด้านการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นการคิดขั้นสูงที่ต้องอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝนเพื่อพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Necati Yalçin (2011) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง พบว่า การอุปมาอุปไมยนั้น สามารถเพิ่มความน่าสนใจในการเรียนรู้ จากการอธิบายแนวคิดที่เป็นรูปธรรมแล้วนำไปสู่แนวคิดที่เป็นนามธรรม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ วนิดา พูลพันธ์ชู

(2561) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการสอนอุปมาอุปไมย เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

นอกจากนี้ จากการศึกษาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย โดยแบ่งตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ คือ ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Anton E. Lawson และความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน โดยได้คะแนนร้อยละส่วนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป มากกว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สามารถอภิปรายได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมและพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยผ่านการให้เหตุผลเชิงอุปนัยในการเปรียบเทียบและอธิบายลักษณะที่คล้ายคลึงและแตกต่างระหว่างแนวคิดที่คุ้นเคยกับแนวคิดที่ต้องการเรียนรู้ เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ สามารถอธิบายสื่อความหมายแนวคิด แสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ และอ้างอิงหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ชัดเจนรัดกุม และสมเหตุสมผล โดยแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไปเป็นข้อคำถามที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งนักเรียนได้ศึกษาและทำความเข้าใจมาแล้วตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น นักเรียนจึงสามารถอธิบายและแสดงเหตุผลสนับสนุนที่คำตอบข้อสอบในส่วนนี้ได้ดีกว่าเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภคพร อิสระ (2558) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถอธิบาย สื่อความหมาย หรือแสดงเหตุผลสนับสนุนที่คำตอบในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไปได้ดีกว่าเนื้อหาของบทเรียน

3. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 2 สมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผ่านการสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นการกระตุ้นความสนใจ 2. ขั้นการสำรวจและค้นหา 3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป 4. ขั้นการขยายความรู้ และ 5. ขั้นการประเมินผล ซึ่งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมกับเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ที่มีความเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และเป็นประสบการณ์ที่ห่างไกลจากชีวิตประจำวันของนักเรียน ทำให้ขาดความน่าสนใจและเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบปกติยังไม่ได้มีการเน้นย้ำกระบวนการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และการสร้างองค์ความรู้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ในทางตรงข้ามการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นนำ เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนจากการสังเกตสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์หรือปรากฏการณ์ทางเคมีที่สังเกตได้ในระดับมหภาค 2. ขั้นสอน เป็นการสร้างความเข้าใจในประเด็นคำถามที่นักเรียนสนใจ โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยแบบ Teaching-With-Analogy Model (TWA) ด้วยการนำเอาสิ่งของที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาเปรียบเทียบและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ และ 3. ขั้นสรุปและประเมินผล เป็นการสรุปและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เคมีทั้งสามระดับ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว จึงเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความเข้าใจและการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาพันธะโคเวเลนต์อย่างสมบูรณ์และเต็มประสิทธิภาพ โดยผ่านการนำสิ่งของที่เป็นรูปธรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพและเกิดความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการปฏิสัมพันธ์กันทางสังคม และสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างหลากหลาย ยืดหยุ่น เป็นระบบ สนุกสนาน และเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Piquette (2005)และ Sarantopoulos (2004) พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าการสอนด้วยการบรรยาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมฤทัย สังฆคราม (2553) ที่ศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจของนักเรียนเรื่องพันธะเคมี ด้วยการสอนแบบอุปมาอุปไมยแบบ FAR GUIDE พบว่า การอุปมาอุปไมยช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจมากขึ้น

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม ประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการเข้าใจกับการประยุกต์ใช้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพันธะโคเวเลนต์ เป็นการศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีระดับในอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ดังนั้น การจัดเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยที่นำเอาสิ่งของที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น การซ้อนทับกันของแผ่นพลาสติก การจัดเรียงตัวของลูกโป่ง หรือรูปร่างของดินน้ำมันและเข็มหมุด จึงเป็นกิจกรรมที่นักเรียนคุ้นเคย ทดลองได้ง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้ มองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางเคมีที่เป็นรูปธรรมชัดเจน และสามารถเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดในชีวิตประจำวัน จึงเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ สามารถพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้มากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rotbain (2006) พบว่านักเรียนที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมการอธิบายพันธุศาสตร์โมเลกุลด้วยการใช้ลูกปัดแสดงโครงสร้าง DNA สามารถพัฒนาความเข้าใจและนำความรู้ไปใช้ได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Trey (2008) ที่ศึกษาวิธีการเรียนรู้ปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า พบว่า นักเรียนที่มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของ Le Chatelier มากกว่านักเรียนที่ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรม และจากการวิเคราะห์ผลต่างระหว่างนักเรียนที่มีส่วนร่วมกับกิจกรรมกับนักเรียนที่ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรม พบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนในระดับต่ำ มีการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของ Le Chatelier แตกต่างกันมากกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนในระดับสูง

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามลำดับขั้นพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการจำและการวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การจำ เป็นความสามารถในการตอบคำถามที่มีคำตอบแน่นอน ซึ่งเป็นความสามารถในการเก็บรักษาข้อมูลและระลึกสิ่งนั้นได้ ทั้งนี้นักเรียนทั้งสองกลุ่มจะได้รับการทบทวนความรู้และการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธะโคเวเลนต์ในระยะเวลาและขอบเขตเนื้อหาที่เท่ากัน สำหรับการวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการแยกแยะ

องค์ประกอบของข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบและเรียงลำดับคุณสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์ การวิเคราะห์จึงเป็นการคิดขั้นสูงที่นักเรียนต้องอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝนเพื่อพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติจึงมีพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการจำและการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ บัญชา เพียรชนะ (2542) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการเรียนรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการสอนแบบปกติ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้รับรู้เนื้อหาจากครูซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ นักเรียนจึงมีการรับรู้เนื้อหาเป็นอย่างดี ขณะที่การสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยตนเอง มุ่งเน้นที่พัฒนานักเรียนในด้านทักษะกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้มากกว่าในส่วนที่เป็นเนื้อหาเพียงอย่างเดียว

4. การศึกษาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามความมุ่งหมายข้อที่ 2 สมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้

การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ด้วยการนำสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาอธิบาย สื่อความหมาย และเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการเรียนรู้ โดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยรูปแบบ Teaching-With-Analogy Model (TWA) ซึ่งประกอบด้วยการจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 2. การนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 3. การระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 4. การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ 5. การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ และ 6. การสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดกิจกรรมดังกล่าว เป็นการเรียนรู้โดยใช้การแยกส่วนประกอบ การเชื่อมโยงข้อมูล และการให้เหตุผลเชิงอุปนัยเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ที่เน้นให้นักเรียนได้ระบุ วิเคราะห์และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งที่นำมาใช้ในการอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดที่คุ้นเคยกับแนวคิดที่ต้องการเรียนรู้ โดยเฉพาะในขั้นการระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

เป็นการระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งที่มานำใช้เพื่ออธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยการเปรียบเทียบและเชื่อมความสัมพันธ์ของสิ่งที่คุ้นเคยกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ขั้นการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ เป็นการวิเคราะห์และอธิบายความคล้ายคลึงระหว่างสิ่งที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และขั้นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ เป็นการวิเคราะห์และอธิบายความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เมื่อนำสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันมาอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากกระบวนการข้างต้นส่งผลให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่คุ้นเคยกับแนวคิดที่ต้องการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Guerra-Ramos (2010) พบว่า นักเรียนจะเกิดการคิดอย่างมีระบบ เป็นเหตุเป็นผล และพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ต้องการเรียนรู้ โดยผ่านกระบวนการระบุ เปรียบเทียบ และอธิบายลักษณะที่เหมือนและแตกต่างของสองแนวคิด (Jonane, 2015) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ยังสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างหลากหลาย ยืดหยุ่น เป็นระบบ สร้างแรงจูงใจ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนุกท้าทาย สามารถสื่อความหมายและอธิบายเนื้อหาที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น (Dikmenli, 2015)

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ผลต่างของความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ตามส่วนประกอบของแบบทดสอบ พบว่า ผลต่างของคะแนนร้อยละในส่วนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มากกว่า ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย มีการฝึกฝนและมีประสบการณ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลและการเขียนข้อความอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นการระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ และการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ ดังนั้น นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย จึงมีการพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบาย สื่อความหมาย และแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่ถูกต้องและชัดเจนกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้

ของ Thorndike ตามกฎแห่งการฝึก (law of exercise) อธิบายว่า นักเรียนที่ได้ฝึกฝนและมีประสบการณ์ในสิ่งที่เรียนรู้แล้วอย่างสม่ำเสมอจะทำให้เกิดทักษะในสิ่งนั้น (ทิศนา แขมมณี, 2555) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เป็นกระบวนการที่ออกแบบให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสาม เพื่อให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาพันธะโคเวเลนต์อย่างสมบูรณ์ นักเรียนจึงเกิดความมั่นใจ และสามารถเขียนข้อความอธิบายแนวคิดหรือแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่มีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ชัดเจนและสมเหตุสมผลมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wolf (2009) ที่ศึกษาความเข้าใจเชิงลึก เรื่องเศษส่วน พบว่า นักเรียนที่มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง เมื่อเรียนรู้จบหน่วยการเรียนรู้แล้ว จะสามารถในการสื่อสารความคิดได้ดีขึ้น มีผลทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียนและมีความมั่นใจเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าและดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ครูควรมีการเตรียมความพร้อมทั้งเนื้อหา วิธีการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการเลือกใช้การอุปมาอุปไมยควรเลือกให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาและสามารถนำมาอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรมได้ดี

1.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จึงต้องใช้เวลามากในการทำกิจกรรม ครูไม่ควรเร่งรัดนักเรียนและควรวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา

1.3 การเลือกใช้การอุปมาอุปไมย ครูควรเลือกใช้การอุปมาอุปไมยกับสิ่งที่ใกล้ตัวสามารถสังเกตได้ง่าย หรือมีความเกี่ยวข้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน จะช่วยให้นักเรียนสามารถจินตนาการ เชื่อมโยงแนวคิดเปรียบเทียบและเนื้อหาที่ต้องการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยเหมาะสำหรับเนื้อหาที่เป็นนามธรรม หรือปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงสามารถนำรูปแบบการวิจัยนี้ไปใช้ในการวิจัยโดยใช้หัวข้อหลักอื่น วิชาอื่น หรือระดับชั้นอื่น ตามความเหมาะสม

2.2 ควรทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยต่อตัวแปรอื่นๆ เช่น แนวคิดวิทยาศาสตร์ การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

บรรณานุกรม

American Chemical Society. (2012). *ACS Guidelines and Recommendations for the Teaching of High School Chemistry.* Washington, DC: American Chemical Society.

Awan, A. H. (2013). Investigating Pakistani Students' alternative Ideas regarding the Concept of Chemical Bonding *Bulletin of Education and Research, 35*(1), 17-29.

Barker, V., & Millar, R. (2000). Students'reasioning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: What change occur during a contex-based post-16 chemistry course. *International Journal of Science Education, 22*(11), 1171-1200.

Brown, S. (2010). Anologies in science and science teaching. *The American Physiological Society, 34*(1), 167-169.

Bruce, M. R. (2016). Polymers and Cross-Linking: A CORE Experiment To Help Students Think on the Submicroscopic Level. *Journal of Chemical Education, 93*(1), 1599-1605.

Chiappetta, E. L. (1997). Inquiry-based science. *The Science Teacher, 64*(7), 22-26.

Coll, R. K. (2009). A Better Way to Teach With Analogy. *Chemistry Education in New Zealand*, 2-6.

Dikmenli, M. (2015). A study on analogies used in new ninth grade biology textbook. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 16*(1), 1-20.

Eberle. F, & Keeley. P. (2008). Formative assessment probes: A look at how probes uncover conceptual connections. *Science and Children*, 50-54.

Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. *The psychology of learning science*, 219-238.

Glynn, S. M. (2007). The Teaching-with-Analogies (TWA) Model. *Science & Children, 44*(8), 52-55.

Guerra-Ramos, M. T. (2010). Analogies as Tools for Meaning Making in Elementary Science Education: How Do They Work in Classroom Settings. *Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 7*(1), 29-39.

Gust, H. (2008). Analogical reasoning: A core of cognition. *Zeitschrift für Künstliche*

Intelligenz (KI), Themenheft KI und Kognition, 8-12.

Harrison, A. G. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(10), 1135-1159.

Harrison, A. G. (2006). Teaching and learning with analogies. *Metaphor and analogy in science education, 30*(1), 11-24.

Heller, J. I. (2012). Differential Effects of three Professional Development Models on Teacher Knowledge and Student Achievement in Elementary Science. *Journal of Research in Science Teaching, 49*(1), 333-362.

Holyoak, K. J. (2005). *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. United States of America: Cambridge University Press.

Johnstone, A. H. (1993). The Development of Chemistry teaching. *Journal of Chemical Education, 70*(9), 701-705.

Jonane, L. (2015). Using Analogies in Teaching Physics: A Study on Latvian Teachers' Views and Experience. *Journal of Teacher Education for Sustainability, 17*(2), 53-73.

Kuo, E. (2015). Seeking instructional specificity: An example from analogical instruction. *Physical review special topics-physics education research, 11*(2), 0201331-02013311.

Lawson, A. E. (2001). Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. *Journal of Biological Education, 35*(4), 165-169.

Luxford, C. J. (2014). development of the bonding representations inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding representations. *Journal of Chemical Education, 91*, 312-330.

Moshman, D. (2011). *Adolescent Rationality and Development: Cognition, Morality, and Identity*. USA: Taylor and Francis Group.

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education, 69*(3), 191-196.

Necati Yalçin. (2011). The effect of teaching the direct current concept with analogy

teachnique to the attitudes of science education students toward physics. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 15*(2011), 2647-2651.

Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconception. *Journal of Science Education and Technology, 23*(7), 707-730.

Okebukola, F. (2008). Teaching with Analogies: The Meeting Point between Science and Language. *International Journal of Learning, 15*(4), 147-150.

Oliva, J. M. (2007). Teaching models in the use of analogies as a resource in the science classroom. *International Journal of Science Education, 29*(1), 45-66.

Orgill, M. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 5*(1), 15-32.

Orgill, M. (2007). *Analogies and the 5E model*. Washington: The Science Teacher.

Orvis, J. (2016). A Mailman Analogy: Retaining Student Learning Gains in Alkane Nomenclature. *Journal of Chemical Education, 93*, 879-885.

Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology, 13*(2), 147-159.

Peterson, R. F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education, 66*(6), 459-460.

Piquette, J. S. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(10), 1112-1134.

Rotbain, Y. (2006). Effect of Bead and Illustrations Models on High School Students' Achievement in Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(5), 500-529.

Sarantopoulos, P. (2004). Analogies in chemistry teaching as a means of attainment of cognitive and affective objectives: a longitudinal study in a naturalistic setting, using analogies with a strong social content. *Chemistry Education: Research and Practice, 5*(1), 33-50.

Taber, K. S. (2011). Models, Molecules and Misconceptions: A Commentary on Secondary School Students' Misconceptions of Covalent Bonding. *Journal of Tukish Science*

Education, 8(1), 11-24.

Temel, S. (2016). The Analysis of Prospective Chemistry Teachers' Cognitive Structure: The Subject of Covalent and Ionic Bonding. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12*(8), 1953-1969.

Treagust, D. F. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education, 9*(2), 85-101.

Trey, L. (2008). How science students can learn about unobservable phenomena using computer-based analogies. *Computers & Education, 51*(2008), 519–529.

Unal, S. (2010). Secondary School Students' Misconceptions of Covalent Bonding. *Journal of Tukish Science Education, 7*(2), 75-83.

Wolf, K. (2009). Developing a Deeper Understanding of Fraction through Communication. http//:proquest.umi.com/pqdweb?index=4&did=1850318791&SrchMode=1&sid=2&VInst=PROD&Type=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=12754887455&clientId=61839 website:

Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science & Technological Education, 2*(2), 107-125.

เปรมศักดิ์ สิมมาเคน. (2557). การพัฒนาความเข้ามโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ. ปริญญานิพนธ์ (วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2557.

เฟื่องฟ้า บุญกอง. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา ที่มีต่อมโนมติและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5* โรงเรียนลำพระเพลิงพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา ปริญญานิพนธ์ (ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน)) -- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2558.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2553). การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ = *Measurement and achievement test construction* (พิมพ์ครั้งที่ 9..): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โกเมนทร์ ชินวงศ์. (2556). ตรรกศาสตร์เบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 1..): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โชติกุล รินลา. (2559). ผลของการจัดการเรียนการสอน โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี ที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญานิพนธ์ (คศ.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์)) – จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2559.

ฆนัท ธาตุทอง. (2554). สอนคิด : การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 1..): กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา: กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2556). ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญานิพนธ์ (คศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)) – จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2556.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). การจัดการเรียนรู้แนวใหม่. นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, *19*(2), 10-28.

ดวงกมล บำรุงบ้านทุ่ม. (2555). ตัวแทนความคิด เรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ (*Analogy)* ตามแนว *FAR Guide.* ปริญญานิพนธ์ (ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2555.

ทิศนา แขมมณี. (2555). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ กรุงเทพฯ: โรงพิมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัช ยะสุคำ. (2555). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, *14*(2), 23-33.

นิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง. (2543). ผลการสอนเสริมเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4.* วิทยานิพนธ์ (ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2543.

บัญชา เพียรชนะ. (2542). การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ *5* ที่ได้รับการสอนโดยวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองกับการสอนโดยวิธีแบบปกติ. วิทยานิพนธ์

(กศ.ม.(วิทยาศาสตรศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2542.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาผู้เรียน (พิมพ์ครั้งที่ 3..): กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 9..): กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 5..): กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์. (2552). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

พนิดา กันยะกาญจน์. (2556). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5.* ปริญญานิพนธ์ (วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2556.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. (2555). วิธีการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 8..): กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์. (2555). การพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *6* โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย. ปริญญานิพนธ์ (ศศ.ม. (ศึกษาศาสตร์-การสอน)) -- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2555.

พัชรี ร่มพะยอม. (2553). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมีที่สอดแทรกกลวิธีการดึงความรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2553.

พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ. (2558). ธรรมชาติของวิชาเคมี และการจัดการเรียนสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, *31*(2), 187-199.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2557). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 9..): กรุงเทพฯ : เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2555). คู่มือปฏิบัติการเพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้สู่ห้องเรียนแห่งคุณภาพ: กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภคพร อิสระ. (2557). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ส่วนภูมิภาค.

ปริญญานิพนธ์ (คศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)) – จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2557.

ภคพร อิสระ. (2558). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. *Online Journal of Education*.

วนิดา พูลพันธ์ชู. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการสอนอุปมาอุปไมย เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, *13*(37), 133-147.

วรัทยา มณีรัตน์. (2560). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2560.

ศรัณย์ อัมระนันท์. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, *26*(2), 56-70.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ: *PISA* และ *TIMSS*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556a). แนวการจัดการเรียนรู้โปรแกรมเสริม พสวท. สำหรับผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี : ช่วงชั้นที่ *4* (พิมพ์ครั้งที่ 2..): กรุงเทพฯ : สถาบัน.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556b). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4-6* เล่ม *1* กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2..). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). สรุปผลการวิจัย *Pisa 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* เล่ม *1*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6..): กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมฤทัย สังฆคราม. (2553). รูปแบบการทำความเข้าใจ (*mental model)* ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* เรื่องพันธะเคมี โดยวิธีการสอนแบบเปรียบเทียบตามแนว *Focus-Action-Reflection (FAR) guide.* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (พิมพ์ครั้งที่ 1..): กรุงเทพฯ : สำนักงาน.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*: กรุงเทพฯ : สำนักงาน.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. *2560)* ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.

สิทธิชัย วิชัยดิษฐ. (2553). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีววิทยาเกี่ยวกับพืช ที่สอดแทรกเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปริญญานิพนธ์ (กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2553.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย : การพัฒนาและภาวะถดถอย (พิมพ์ครั้งที่ 1..): กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2559). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 12..): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ. (2546). *21* วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนากระบวนการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 9..): กรุงเทพฯ : ดวงกมล ผู้จัดจำหน่าย.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์--การสอนคิดสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 1..): กรุงเทพฯ : ดวงกมลสมัย จัดจำหน่าย.

อับดุลเลาะ อูมาร์. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (*5Es)* เรื่องสมดุลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5* โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี. ปริญญานิพนธ์ (ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์)) – มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2560.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

ด้านเนื้อหา

ผศ.ดร. มะยูโซ๊ะ กูโน	อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร. ชัชฎาภรณ์ พิณทอง	อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านการสอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

อาจารย์ พรเพชร พานทอง	ครู คศ. 3 โรงเรียนเทพลีลา

ภาคผนวก ข

ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

และผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1. ด้านจุดประสงค์						
1.1 จุดประสงค์สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
1.2 จุดประสงค์สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
1.3 จุดประสงค์สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
1.4 จุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา						
2.1 เนื้อหาถูกต้องและครอบคลุม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2.2 การจัดลำดับเนื้อหาเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการใช้ภาษา						
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องของการใช้ภาษา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.3 การใช้ภาษาน่าสนใจ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.4 ภาษาที่ใช้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.5 ภาษาที่ใช้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย						
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับการประเมินผล	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.4 การจัดลำดับกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5. ด้านการประเมินผล						
5.1 การประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.2 การประเมินผลสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.3 การประเมินผลเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.4 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.5 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้					1.00	**ใช้ได้**

ตาราง 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	**ผู้เชี่ยวชาญ**			**รวม**	**IOC**	**การพิจารณา**
	1	2	3			
1. ด้านจุดประสงค์						
1.1 จุดประสงค์สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
1.2 จุดประสงค์สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
1.3 จุดประสงค์สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
1.4 จุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา						
2.1 เนื้อหาถูกต้องและครอบคลุม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2.2 การจัดลำดับเนื้อหาเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการใช้ภาษา						
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องของการใช้ภาษา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.3 การใช้ภาษาน่าสนใจ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.4 ภาษาที่ใช้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.5 ภาษาที่ใช้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ						
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับการประเมินผล	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.4 การจัดลำดับกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5. ด้านการประเมินผล						
5.1 การประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.2 การประเมินผลสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.3 การประเมินผลเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.4 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.5 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้					1.00	**ใช้ได้**

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
26	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
29	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
53	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
56	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
59	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
60	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง

ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ตอนที่ 1 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
21	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 23 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ตอนที่ 2 ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
17	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง

ตาราง 24 แสดงผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	0.23	0.20	ใช้ได้	✓
2	0.37	-0.20	ปรับปรุง	
3	0.57	0.20	ใช้ได้	✓
4	0.27	0.27	ใช้ได้	✓
5	0.40	0.27	ใช้ได้	✓
6	0.13	0.00	ปรับปรุง	
7	0.37	0.20	ใช้ได้	✓
8	0.30	0.20	ใช้ได้	
9	0.50	0.20	ใช้ได้	✓
10	0.23	0.33	ใช้ได้	✓
11	0.23	0.20	ใช้ได้	✓
12	0.20	0.13	ปรับปรุง	
13	0.30	0.20	ใช้ได้	✓
14	0.23	0.20	ใช้ได้	
15	0.33	0.27	ใช้ได้	✓
16	0.27	0.27	ใช้ได้	
17	0.27	0.27	ใช้ได้	
18	0.47	0.27	ใช้ได้	✓
19	0.17	0.07	ปรับปรุง	
20	0.33	0.27	ใช้ได้	✓
21	0.23	0.20	ใช้ได้	✓
22	0.30	0.20	ใช้ได้	
23	0.33	0.27	ใช้ได้	
24	0.23	0.20	ใช้ได้	✓
25	0.43	0.20	ใช้ได้	
26	0.33	0.27	ใช้ได้	
27	0.47	0.13	ปรับปรุง	
28	0.33	0.13	ปรับปรุง	
29	0.37	-0.20	ปรับปรุง	
30	0.30	0.33	ใช้ได้	✓
31	0.37	0.20	ใช้ได้	
32	0.30	0.20	ใช้ได้	✓

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
33	0.10	0.20	ปรับปรุง	
34	0.27	0.27	ใช้ได้	✓
35	0.33	0.27	ใช้ได้	✓
36	0.37	0.20	ใช้ได้	✓
37	0.23	0.20	ใช้ได้	✓
38	0.30	0.07	ปรับปรุง	
39	0.30	0.33	ใช้ได้	✓
40	0.37	-0.07	ปรับปรุง	
41	0.43	0.20	ใช้ได้	
42	0.23	0.20	ใช้ได้	
43	0.23	0.47	ใช้ได้	✓
44	0.47	0.00	ปรับปรุง	
45	0.23	0.47	ใช้ได้	✓
46	0.43	0.33	ใช้ได้	✓
47	0.57	0.20	ใช้ได้	
48	0.37	0.20	ใช้ได้	✓
49	0.27	-0.27	ปรับปรุง	
50	0.23	0.20	ใช้ได้	
51	0.43	0.47	ใช้ได้	✓
52	0.23	0.20	ใช้ได้	
53	0.20	0.40	ใช้ได้	✓
54	0.20	0.27	ใช้ได้	
55	0.33	0.27	ใช้ได้	✓
56	0.30	0.20	ใช้ได้	✓
57	0.50	0.33	ใช้ได้	✓
58	0.20	-0.13	ปรับปรุง	
59	0.37	0.20	ใช้ได้	
60	0.17	-0.20	ปรับปรุง	

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.57 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.47 ซึ่งข้อสอบที่เลือกไว้มีจำนวน 30 ข้อ และนำไปวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR20 ของ Kuder-Richardson ได้เท่ากับ 0.74

ตาราง 25 แสดงผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	0.27	0.40	ใช้ได้	✓
2	0.27	0.27	ใช้ได้	✓
3	0.40	0.40	ใช้ได้	✓
4	0.27	0.40	ใช้ได้	✓
5	0.33	0.27	ใช้ได้	✓
6	0.30	0.33	ใช้ได้	✓
7	0.33	0.27	ใช้ได้	✓
8	0.30	0.47	ใช้ได้	✓
9	0.30	0.33	ใช้ได้	✓
10	0.27	0.40	ใช้ได้	✓
11	0.23	0.33	ใช้ได้	✓
12	0.27	0.53	ใช้ได้	✓
13	0.27	0.40	ใช้ได้	✓
14	0.30	0.33	ใช้ได้	✓
15	0.30	0.33	ใช้ได้	✓
16	0.20	0.27	ใช้ได้	✓
17	0.30	0.33	ใช้ได้	
18	0.23	0.20	ใช้ได้	
19	0.40	0.13	ปรับปรุง	
20	0.27	0.27	ใช้ได้	
21	0.27	0.13	ปรับปรุง	
22	0.33	0.13	ปรับปรุง	
23	0.37	0.47	ใช้ได้	✓
24	0.40	0.53	ใช้ได้	✓
25	0.37	0.20	ใช้ได้	✓
26	0.27	0.27	ใช้ได้	✓
27	0.33	0.27	ใช้ได้	
28	0.20	0.13	ปรับปรุง	

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.40 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.53 ซึ่งข้อสอบที่เลือกไว้มีจำนวน 20 ข้อ และนำไปวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR20 ของ Kuder-Richardson ได้เท่ากับ 0.79

ตาราง 26 แสดงผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	0.42	0.37	ใช้ได้	✓
2	0.32	0.37	ใช้ได้	✓
3	0.25	0.37	ใช้ได้	✓
4	0.22	0.23	ใช้ได้	
5	0.22	0.30	ใช้ได้	
6	0.27	0.27	ใช้ได้	
7	0.37	0.27	ใช้ได้	
8	0.22	0.37	ใช้ได้	✓
9	0.32	0.23	ใช้ได้	
10	0.17	0.33	ปรับปรุง	
11	0.32	0.37	ใช้ได้	✓
12	0.32	0.23	ใช้ได้	
13	0.35	0.57	ใช้ได้	✓
14	0.33	0.40	ใช้ได้	✓
15	0.32	0.30	ใช้ได้	✓
16	0.23	0.07	ปรับปรุง	
17	0.32	0.10	ปรับปรุง	
18	0.27	0.47	ใช้ได้	✓
19	0.35	0.37	ใช้ได้	✓
20	0.22	0.37	ใช้ได้	

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-0.42 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30-0.57 ซึ่งข้อสอบที่เลือกไว้มีจำนวน 10 ข้อ และนำไปวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach ได้เท่ากับ 0.84

ตาราง 27 แสดงประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

เลขที่	แบบทดสอบหลังเรียน (70 คะแนน)							ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5	แผน 6	แผน 7	(30 คะแนน)
1	10	7	9	7	8	7	6	25
2	8	9	9	10	7	8	8	26
3	8	9	8	7	7	7	7	23
4	7	7	8	5	6	7	5	20
5	8	6	6	7	6	7	6	19
6	7	9	8	8	6	7	8	23
7	7	8	7	8	6	9	6	22
8	7	8	6	8	4	5	7	19
9	7	9	6	7	6	8	6	19
10	6	8	6	6	6	6	5	17
11	6	9	6	8	7	8	6	20
12	7	7	8	8	7	9	7	21
13	8	8	5	6	7	7	6	19
14	6	7	7	8	6	5	5	19
15	7	8	6	8	7	7	9	22
16	9	9	7	8	6	9	7	24
17	7	7	7	7	10	8	8	24
18	10	8	9	9	6	8	8	26
19	5	8	8	7	6	6	9	20
20	9	8	7	9	8	7	7	24
21	7	10	9	7	6	8	9	25
22	9	6	10	8	6	6	7	22
23	9	8	7	10	10	9	8	26
24	6	8	6	8	9	6	8	22
25	7	9	8	9	7	8	8	25
26	6	6	5	6	7	5	8	18
27	7	7	8	9	7	8	7	24
28	5	9	6	8	7	4	5	18
29	6	7	6	8	6	7	4	18
30	7	8	8	6	6	7	6	21
รวม	218	237	216	230	203	213	206	651
$\bar{X}$	7.27	7.90	7.20	7.67	6.77	7.10	6.87	21.70
S.D	1.31	1.03	1.30	1.18	1.25	1.30	1.33	2.77
ร้อยละ	72.67	79.00	72.00	76.67	67.67	71.00	68.67	72.33
	E_1 = 72.52							E_2 = 72.33

ตาราง 28 แสดงประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เลขที่	**แบบทดสอบหลังเรียน** (70 คะแนน)							**ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5	แผน 6	แผน 7	(30 คะแนน)
1	6	8	6	6	6	6	5	18
2	9	10	6	6	8	7	6	22
3	6	6	6	6	5	8	5	17
4	8	8	7	10	6	6	5	22
5	8	10	7	8	6	9	7	24
6	9	10	7	10	7	9	7	25
7	8	8	6	7	6	6	5	18
8	8	10	8	10	6	7	8	26
9	6	8	8	8	7	9	6	22
10	6	6	9	7	4	5	7	18
11	7	8	6	8	6	7	5	19
12	6	8	8	5	6	8	8	22
13	7	10	7	7	6	7	8	23
14	6	8	10	7	6	6	6	21
15	6	8	7	7	6	6	6	18
16	10	6	6	10	8	5	7	23
17	6	6	6	6	7	5	8	19
18	6	10	9	7	6	6	6	22
19	8	6	8	6	7	4	5	19
20	8	5	6	9	7	8	8	21
21	5	9	8	8	6	6	7	22
22	6	3	8	7	6	8	8	19
23	8	4	7	6	7	8	7	21
24	9	10	6	8	9	10	6	24
25	9	6	7	7	7	7	10	23
26	9	10	7	7	6	6	6	21
27	7	10	9	9	8	7	7	24
28	8	8	7	9	10	8	8	24
29	3	7	6	6	7	7	7	18
30	7	7	5	6	9	6	8	21
รวม	215	233	213	223	201	207	202	636
$\overline{X}$	7.17	7.77	7.10	7.43	6.70	6.90	6.73	21.20
S.D	1.51	1.95	1.18	1.43	1.23	1.40	1.26	2.42
ร้อยละ	71.67	77.67	71.00	74.33	67.00	69.00	67.33	70.67
				E_1 = 71.14				E_2 = 70.67

ภาคผนวก ค

ผลคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 29 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ก่อนเรียนและหลังเรียน

เลขที่	**คะแนนก่อนเรียน** (30 คะแนน)	**คะแนนหลังเรียน** (30 คะแนน)	D	D^2
1	8	23	15	225
2	8	21	13	169
3	6	21	15	225
4	7	20	13	169
5	9	25	16	256
6	11	30	19	361
7	8	22	14	196
8	3	20	17	289
9	8	21	13	169
10	9	30	21	441
11	8	29	21	441
12	10	30	20	400
13	5	19	14	196
14	8	21	13	169
15	17	28	11	121
16	7	22	15	225
17	8	24	16	256
18	4	23	19	361
19	13	24	11	121
20	13	30	17	289
21	8	28	20	400
22	12	29	17	289
23	14	27	13	169
24	9	21	12	144
25	7	27	20	400
26	10	23	13	169
27	3	23	20	400
28	8	21	13	169
29	7	28	21	441
30	8	22	14	196

ตาราง 29 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)	D	D^2
31	4	18	14	196
32	7	19	12	144
33	9	21	12	144
34	9	20	11	121
35	9	29	20	400
รวม	294	839	545	8861
$\overline{X}$	8.40	23.97	15.57	253.17
S.D.	2.97	3.83	3.32	107.64
ร้อยละ	28.00	79.90	-	-

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for dependent samples มีค่าเท่ากับ 27.75

ตาราง 30 แสดงคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ก่อนเรียนและหลังเรียน

เลขที่	**คะแนนก่อนเรียน** (72 คะแนน)	**คะแนนหลังเรียน** (72 คะแนน)	D	D^2
1	3	31	28	784
2	12	14	2	4
3	4	32	28	784
4	10	13	3	9
5	11	20	9	81
6	2	42	40	1600
7	2	38	36	1296
8	1	10	9	81
9	3	14	11	121
10	5	39	34	1156
11	4	46	42	1764
12	3	12	9	81
13	6	20	14	196
14	3	19	16	256
15	5	23	18	324
16	4	15	11	121
17	2	18	16	256
18	1	38	37	1369
19	8	21	13	169
20	7	28	21	441
21	3	15	12	144
22	8	29	21	441
23	7	20	13	169
24	4	15	11	121
25	6	26	20	400
26	9	43	34	1156
27	6	13	7	49
28	3	21	18	324
29	3	44	41	1681
30	5	28	23	529

ตาราง 30 (ต่อ)

เลขที่	**คะแนนก่อนเรียน** (72 คะแนน)	**คะแนนหลังเรียน** (72 คะแนน)	D	D^2
31	4	12	8	64
32	4	24	20	400
33	7	35	28	784
34	7	42	35	1225
35	5	15	10	100
รวม	177	875	698	18480
$\bar{X}$	5.06	25.00	19.94	528.00
S.D.	2.74	11.04	11.58	537.90
ร้อยละ	7.02	34.72	-	-

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for dependent samples มีค่าเท่ากับ 10.19

ตาราง 31 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

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

ตาราง 31 (ต่อ)

เลขที่	การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย (30 คะแนน)	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ (30 คะแนน)
31	18	18
32	19	21
33	21	18
34	20	17
35	29	21
รวม	839	783
$\overline{X}$	23.97	22.37
S.D.	3.83	3.77
ร้อยละ	79.90	74.57

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples มีค่าเท่ากับ 1.76

ตาราง 32 แสดงคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เลขที่	**การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย** (72 คะแนน)	**การจัดการเรียนรู้แบบปกติ** (72 คะแนน)
1	31	25
2	14	7
3	32	16
4	13	9
5	20	25
6	42	8
7	38	40
8	10	24
9	14	5
10	39	14
11	46	14
12	12	17
13	20	9
14	19	14
15	23	22
16	15	19
17	18	29
18	38	30
19	21	33
20	28	13
21	15	17
22	29	26
23	20	28
24	15	20
25	26	7
26	43	19
27	13	39
28	21	24
29	44	18
30	28	26

ตาราง 32 (ต่อ)

เลขที่	การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย (72 คะแนน)	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ (72 คะแนน)
31	12	6
32	24	12
33	35	7
34	42	21
35	15	29
รวม	875	672
$\overline{X}$	25.00	19.20
S.D.	11.05	9.34
ร้อยละ	34.72	26.67

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถการให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test Independent Samples มีค่าเท่ากับ 2.37

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พันธะโคเวเลนต์

ตาราง 33 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ (2 คาบเรียน)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
1. **ขั้นนำ** - นักเรียนสังเกตภาพโมเลกุลและสมบัติของสารที่พบในชีวิตประจำวัน จากนั้นร่วมกันอภิปรายปัจจัยที่ทำให้สารแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน - นักเรียนเปรียบเทียบลักษณะที่คล้ายคลึงกันระหว่างการจัดเรียงอะตอมในโมเลกุลสารกับการประกอบของตัวต่อเลโก้	1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** - นักเรียนสังเกตภาพแสดงการบรรจุอิเล็กตรอนของอะตอม และระบุอะตอมที่มีความเสถียรสูงสุด - นักเรียนร่วมกันอภิปรายกระบวนการเพิ่มความเสถียรของอะตอมที่มีเวเลนต์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8
2. **ขั้นสอน** 2.1 **ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนชมวีดิโอการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พร้อมอธิบายและสรุปกฎออกเตต สัญลักษณ์ลิวอิส โครงสร้างแบบจุดและเส้น 2.2 **ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนอธิบายพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้แผ่นพลาสติกรูปวงกลมแทนอะตอม และเข็มหมุดแทนเวเลนต์อิเล็กตรอน - นักเรียนแบ่งกลุ่มและร่วมกันเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลที่กำหนด โดยใช้แผ่นพลาสติกวงกลมและเข็มหมุด 2.3 **ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของ การใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดในการอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ เช่น บริเวณที่ซ้อนทับกันของแผ่นพลาสติก จำนวนเข็มหมุดที่อยู่ในบริเวณที่เกิดการซ้อนทับกัน - นักเรียนร่วมกันจำแนกลักษณะของพันธะเดี่ยว คู่ และสาม 2.4 **ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันพิจารณาตารางแสดงข้อมูลความยาวพันธะและพลังงานพันธะ จากนั้นร่วมกันอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างชนิดพันธะ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา** - นักเรียนชมวีดิโอแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พร้อมอธิบายกฎออกเตต สัญลักษณ์ลิวอิส และโครงสร้างลิวอิสแบบจุดและแบบเส้น - นักเรียนแบ่งกลุ่มและร่วมกันเขียนโครงสร้างลิวอิสแบบจุดและเส้นของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่กำหนดให้ 3. **ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป** - นักเรียนนำเสนอโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่กำหนดให้ - นักเรียนร่วมกันจำแนกและอธิบายลักษณะของพันธะเดี่ยว คู่ และสาม 4. **ขั้นการขยายความรู้** - นักเรียนพิจารณาตารางแสดงข้อมูลความยาวและพลังงานพันธะ จากนั้นร่วมกันอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างชนิดพันธะ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ - นักเรียนร่วมกันเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่กำหนดให้

ตาราง 33 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคล้ายคลึงระหว่างการอธิบายความสัมพันธ์ของชนิดพันธะ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ โดยใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดกับข้อมูลวิทยาศาสตร์จากตาราง 2.5 **ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอธิบายคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เมื่อใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุด อธิบายความสัมพันธ์ของชนิดพันธะ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ 2.6 **ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนสรุปความเข้าใจจากการเรียนรู้ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ พร้อมแสดงสัญลักษณ์เคมี เช่น โครงสร้างลิวอิส หรือสูตรโมเลกุล เพื่อบ่งบอกลักษณะของสารแต่ละชนิด	
3. **ขั้นสรุปและประเมินผล** - นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน	5. **ขั้นการประเมินผล** - ครูประเมินความเข้าใจนักเรียนจากการตอบคำถาม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

ตาราง 34 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
1. **ขั้นนำ** - นักเรียนสังเกตภาพและระบุแรงที่พบในชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้สิ่งของสองสิ่งยึดติดกันคือ แรงแม่เหล็ก ไฟฟ้าสถิต ประจุไฟฟ้า - นักเรียนร่วมกันคาดคะเนแรงที่ทำให้อะตอมยึดติดกันเป็นโมเลกุล	1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** - นักเรียนเขียนโครงสร้างลิวอิส H_2 - นักเรียนร่วมกันคาดคะเน แรงที่ทำให้อะตอมในโมเลกุล H_2 ยึดติดกัน
2. **ขั้นสอน** 2.1 **ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนชมภาพเคลื่อนไหวแสดงการเกิดพันธะของ H_2 และร่วมกันอธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของ H_2	2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา** - นักเรียนชมภาพเคลื่อนไหวแสดงการเกิดพันธะของ H_2 และอธิบายกระบวนการเกิดพันธะของ H_2

ตาราง 34 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- นักเรียนร่วมกันอธิบายกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดโมเลกุล H_2 **2.2 ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันอธิบาย สภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและผลักของโปรตอนและอิเล็กตรอนในโมเลกุล H_2 โดยใช้แรงดึงและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ **2.3 ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของ การใช้แท่งแม่เหล็กในการอธิบายสภาวะสมดุลของโมเลกุล H_2 เช่น แรงดึงดูดหรือแรงผลักของแท่งแม่เหล็ก หรือระยะห่างระหว่างแท่งแม่เหล็กที่สภาวะสมดุล **2.4 ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคล้ายคลึงสภาวะสมดุลของแรงดึงดูดและแรงผลักในโมเลกุล H_2 กับสภาวะสมดุลของแท่งแม่เหล็ก **2.5 ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคลาดเคลื่อน เมื่อใช้แรงดึงดูดและผลักของแท่งแม่เหล็ก อธิบายสภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและผลักในโมเลกุล H_2 **2.6 ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและสรุปการเกิดพันธะโมเลกุล H_2 พร้อมแสดงสัญลักษณ์เคมี เช่น สมการเคมีการเกิดโมเลกุล H_2 ($H (g) + H (g) \longrightarrow H_2 (g)$ + พลังงาน)	- นักเรียนร่วมกันอธิบายกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดโมเลกุล H_2 **3. ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป** - นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและสรุปกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุล H_2 **4. ขั้นการขยายความรู้** - นักเรียนเขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์อื่น - นักเรียนร่วมกันเปรียบเทียบความเสถียร ความยาวและพลังงานพันธะจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดโมเลกุลที่กำหนดให้
3. ขั้นสรุปและประเมินผล - นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน	**5. ขั้นการประเมินผล** - ครูประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถาม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์

ตาราง 35 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	**การจัดการเรียนรู้แบบปกติ**
1. **ขั้นนำ** - นักเรียนสังเกตและพิจารณาภาพปรากฏการณ์การเกิดแก๊สโอโซน (O_3) ในชั้นบรรยากาศ จากนั้นอธิบายกระบวนการเกิด O_3 - นักเรียนร่วมกันเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล O_3จากนั้นวิเคราะห์กระบวนการสร้างพันธะของโมเลกุล O_3	1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** - นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างลิวอิสของแก๊สโอโซน (O_3) จากนั้นร่วมกันวิเคราะห์และอธิบายกระบวนการสร้างพันธะของโมเลกุล O_3
2. **ขั้นสอน** 2.1 **ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนชมวีดิโอ พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ และอธิบายความแตกต่างพันธะโคเวเลนต์กับพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ 2.2 **ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนอธิบายความแตกต่างพันธะโคเวเลนต์กับพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ โดยใช้ความเหมือนหรือความแตกต่างของสีเข็มหมุดบนแผ่นพลาสติก - นักเรียนเขียนโครงสร้างลิวอิสและจำแนกสารที่เกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ โดยใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุด 2.3 **ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของ การใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดในการอธิบายการเกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ เช่น สีที่เหมือนหรือต่างกันของเข็มหมุดในบริเวณที่พลาสติกซ้อนทับกัน 2.4 **ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอธิบายความคล้ายคลึงระหว่างการอธิบายการเกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กับการใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุด 2.5 **ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนพิจารณาความยาวพันธะระหว่างอะตอมในโมเลกุล O_3 จากนั้นชมภาพเคลื่อนไหวแสดงปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ของO_3	2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา** - นักเรียนชมวีดิโอ พันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ และสรุปความรู้จากวีดิโอ - นักเรียนเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลสารที่กำหนดให้ จากนั้นจำแนกสารที่เกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ 3. **ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป** - นักเรียนนำเสนอโครงสร้างลิวอิสและจำแนกสารที่เกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ของสารที่กำหนดให้ - นักเรียนระบุพันธะที่เกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์จากโครงสร้างลิวอิสที่กำหนดให้

ตาราง 35 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- นักเรียนเขียนโครงสร้างเรโซแนนซ์ของโมเลกุล O_3 , SO_2, SO_3 - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคลาดเคลื่อน เมื่อใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุด อธิบายการเกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ 2.6 **ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนตอบคำถามสรุปความเข้าใจจากการเรียนรู้ เรื่องพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ พร้อมแสดงสัญลักษณ์เคมี เช่น โครงสร้างลิวอิส หรือโครงสร้างเรโซแนนซ์	4. **ขั้นการขยายความรู้** - นักเรียนพิจารณาความยาวพันธะระหว่างอะตอมในโมเลกุล O_3 จากนั้นชมภาพเคลื่อนไหวแสดงปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ของแก๊ส O_3 - นักเรียนเขียนโครงสร้างเรโซแนนซ์ของโมเลกุลที่เกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์
3. **ขั้นสรุปและประเมินผล** - นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน	5. **ขั้นการประเมินผล** - ครูประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 สารประกอบโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ตาราง 36 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องสารโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (1 คาบเรียน)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
1. **ขั้นนำ** - นักเรียนศึกษาปรากฏการณ์การเกิด NO_2 ในชั้นบรรยากาศ และแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง N_2 และ O_2 ด้วยตัวต่อเลโก้ - นักเรียนร่วมกันเขียนโครงสร้างลิวอิสของ NO_2	1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** - นักเรียนทบทวนความรู้ กฎออกเตต - นักเรียนสังเกตโครงสร้างลิวอิสและนิยาม สารที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต
2. **ขั้นสอน** 2.1 **ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนสังเกตภาพแสดงโครงสร้างลิวอิส จากนั้นร่วมกันจำแนกชนิดของสารที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต - นักเรียนศึกษาขั้นตอนการเขียนโครงสร้างลิวอิสสารโคเวเลนต์ 2.2 **ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนแสดงโครงสร้างลิวอิสของสารที่กำหนดให้ โดยใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดตามขั้นตอนการเขียนโครงสร้างลิวอิสที่ศึกษา	2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา** - นักเรียนร่วมกันศึกษาขั้นตอนการเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ - นักเรียนแบ่งกลุ่มและร่วมกันเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารที่กำหนดให้ตามขั้นตอนการเขียนโครงสร้างลิวอิสที่ศึกษา

ตาราง 36 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2.3 **ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของ การใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดในการแสดงโครงสร้างลิวอิสตามขั้นตอนที่ศึกษา เช่น จำนวนเข็มหมุดที่ล้อมรอบแผ่นพลาสติกแต่ละแผ่น หรือจำนวนเข็มหมุดทั้งหมดที่ใช้ 2.4 **ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคล้ายคลึงระหว่าง การแสดงโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล จากการพิจารณาการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอม กับการใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดตามขั้นตอนการเขียนโครงสร้างลิวอิสที่ศึกษา 2.5 **ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคลาดเคลื่อน เมื่อใช้แผ่นพลาสติกและเข็มหมุดแสดงโครงสร้างลิวอิสตามขั้นตอนการเขียนโครงสร้างลิวอิสที่ศึกษา 2.6 **ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนพิจารณาการเรียกชื่อของสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน และศึกษาการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ - นักเรียนร่วมกันตอบคำถามสรุปความเข้าใจจากการเรียนรู้ พร้อมแสดงสัญลักษณ์เคมี เช่น สูตรโมเลกุล หรือโครงสร้างลิวอิส	3. **ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป** - นักเรียนนำเสนอโครงสร้างลิวอิส และจำแนกชนิดของสารโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 4. **ขั้นการขยายความรู้** - นักเรียนพิจารณาการเรียกชื่อของสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน และศึกษาการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์
3. **ขั้นสรุปและประเมินผล** - นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน	5. **ขั้นการประเมินผล** - ครูประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ตาราง 37 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (3 คาบเรียน)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
1. **ขั้นนำ** - นักเรียนพิจารณารูปร่างเรขาคณิต คือ เส้นตรง สามเหลี่ยมแบนราบ ทรงสี่หน้า พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม ทรงแปดหน้า	1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** - นักเรียนเขียนโครงสร้างลิวอิส $BeCl_2$ - นักเรียนทำนายรูปร่างโมเลกุล $BeCl_2$
2. **ขั้นสอน** 2.1 **ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนชมวีดิโอ การทำนายรูปร่างโมเลกุลด้วย VESPR - นักเรียนอธิบายรูปร่างโมเลกุลโดยใช้การจัดเรียงตัวลูกโป่ง 2.2 **ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนแสดงรูปร่างโมเลกุลจากการเรียงตัวลูกโป่ง โดยใช้ดินน้ำมันแทนอะตอมกลางกับเข็มหมุดแทนอะตอมสร้างพันธะ 2.3 **ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนสร้างตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างโมเลกุล จำนวนพันธะ และมุมระหว่างพันธะ - นักเรียนระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของการใช้ดินน้ำมันและเข็มหมุดแสดงรูปร่างโมเลกุลที่ได้จากการจัดเรียงตัวลูกโป่ง เช่น จำนวนเข็มหมุด และขนาดมุมระหว่างเข็มหมุด 2.4 **ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคล้ายคลึงระหว่างรูปร่างโมเลกุลจากดินน้ำมันและเข็มหมุดกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ 2.5 **ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอธิบายความคลาดเคลื่อนเมื่อใช้ดินน้ำมันและเข็มหมุด อธิบายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ - นักเรียนทำนายและแสดงรูปร่างโมเลกุลที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โดยใช้ดินน้ำมันและเข็มหมุด 2.6 **ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนร่วมกันสรุปและออกแบบตารางทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยสูตร AX_mE_n	2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา** - นักเรียนชมวีดิโอ การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยทฤษฎี VESPR - นักเรียนทำนายรูปร่างโมเลกุล โดยใช้การจัดเรียงตัวของลูกโป่ง 3. **ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป** - นักเรียนนำเสนอรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ของสารที่กำหนดให้ - นักเรียนสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างโมเลกุล จำนวนพันธะ และมุมระหว่างพันธะ 4. **ขั้นการขยายความรู้** - นักเรียนทำนายรูปร่างโมเลกุลของสารที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว - นักเรียนร่วมกันสรุปและออกแบบการทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยสูตร AX_mE_n
3. **ขั้นสรุปและประเมินผล** - นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน	5. **ขั้นการประเมินผล** - ครูประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

ตาราง 38 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	**การจัดการเรียนรู้แบบปกติ**
1. **ขั้นนำ** - นักเรียนชมวีดิโอแสดงการเบี่ยงเบนของสารโคเวเลนต์สนามไฟฟ้าสถิต และจำแนกสมบัติของสารโคเวเลนต์ - นักเรียนอธิบายปัจจัยที่ทำให้สารบางชนิดเกิดการเบี่ยงเบน	1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** - นักเรียนทบความรู้ ค่า EN - นักเรียนอธิบายแรงดึงดูดที่โปรตอนต่ออิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะในโมเลกุล H_2, HCl
2. **ขั้นสอน** 2.1 **ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนชมวีดิโอ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ จากนั้นสรุปและอธิบายสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ - นักเรียนพิจารณาสภาพขั้วพันธะและโมเลกุลที่กำหนดให้ 2.2 **ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนอธิบายสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุล โดยแสดงลูกศรบนดินน้ำมันและเข็มหมุดซึ่งแทนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ - นักเรียนพิจารณาสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ที่กำหนดให้จากการแสดงเครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันและเข็มหมุด 2.3 **ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของ การใช้เครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันและเข็มหมุด ในการอธิบายสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น ทิศทางของเครื่องหมายลูกศรหรือผลรวมทิศทางของเครื่องหมายลูกศร - นักเรียนจำแนกความสัมพันธ์สภาพขั้วกับรูปร่างโมเลกุล 2.4 **ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคล้ายคลึงการอธิบายสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันและเข็มหมุดกับข้อมูลวิทยาศาสตร์ 2.5 **ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ**	2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา** - นักเรียนชมวีดิโอ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ จากนั้นร่วมกันอธิบายสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ - นักเรียนร่วมกันพิจารณาสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์ที่กำหนดให้ 3. **ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป** - นักเรียนนำเสนอสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ที่กำหนดให้ พร้อมจำแนกความสัมพันธ์ระหว่างสภาพขั้วโมเลกุลกับรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 4. **ขั้นการขยายความรู้** - นักเรียนร่วมกันพิจารณาสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ เมื่ออะตอมที่ล้อมรอบอะตอมกลางเป็นธาตุต่างชนิด - นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

ตาราง 38 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันและเข็มหมุด อธิบายสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 2.6 **ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนพิจารณาสภาพขั้วโมเลกุล โดยใช้เครื่องหมายลูกศรบนดินน้ำมันและเข็มหมุด เมื่ออะตอมที่ล้อมรอบอะตอมกลางเป็นธาตุต่างชนิดกัน - นักเรียนวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพขั้วโมเลกุล	
3. **ขั้นสรุปและประเมินผล** - นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน	5. **ขั้นการประเมินผล** - ครูประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ตาราง 39 แสดงการเปรียบเทียบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (1 คาบเรียน)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
1. **ขั้นนำ** - นักเรียนสังเกตวีดิโอแสดงสถานะของ F_2, Cl_2, Br_2 และ I_2 ที่อุณหภูมิห้อง และร่วมกันพิจารณาสถานะของสาร - นักเรียนร่วมกันอธิบายกระบวนการเปลี่ยนสถานะของ F_2, Cl_2, Br_2 และ I_2 ที่อุณหภูมิห้อง	1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** - นักเรียนสังเกตภาพแสดงสถานะของ F_2, Cl_2, Br_2, I_2 ที่อุณหภูมิห้อง และอธิบายกระบวนการเปลี่ยนสถานะของสาร
2. **ขั้นสอน** 2.1 **ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนพิจารณาข้อมูลจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารพร้อมจำแนกชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ - นักเรียนชมวีดิโอ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จากนั้นร่วมกันสรุปและอธิบายชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและปัจจัยที่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแตกต่างกัน	2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา** - นักเรียนพิจารณาข้อมูลจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสาร พร้อมจำแนกชนิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ - นักเรียนชมวีดิโอ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโมเลกุล

ตาราง 39 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบอุปมาอุปไมย	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2.2 ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ - นักเรียนร่วมกันอธิบาย ความแตกต่างระหว่างชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ด้วยลักษณะการยึดเกาะกันของลวดกำมะหยี่วงกลมโดยลวดกำมะหยี่หนึ่งวงแทนหนึ่งโมเลกุล **2.3 ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ** - นักเรียนระบุและอธิบายลักษณะสำคัญของลวดกำมะหยี่วงกลมที่ใช้ในการอธิบายชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เช่น ลักษณะลวดกำมะหยี่วงกลม หรือลักษณะลวดกำมะหยี่วงกลมที่มีตะขอเกี่ยว **2.4 ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์ความคล้ายคลึงการอธิบายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโดยใช้ลวดกำมะหยี่กับแนวคิดวิทยาศาสตร์ **2.5 ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดเปรียบเทียบ** - นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายความคลาดเคลื่อน เมื่อใช้ลวดกำมะหยี่ อธิบายการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารโคเวเลนต์ **2.6 ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** - นักเรียนพิจารณากราฟแสดงจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ที่เกิดพันธะไฮโดรเจน และอธิบายปัจจัยที่ทำให้สารโคเวเลนต์บางชนิดเกิดพันธะโคเวเลนต์ - นักเรียนตอบคำถามสรุปความเข้าใจจากการเรียนรู้ เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ พร้อมแสดงสัญลักษณ์เคมี เช่น สมการเคมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารโคเวเลนต์ ($Br_2 (l) \xrightarrow{\Delta} Br_2 (g)$)	**3. ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป** - นักเรียนร่วมกันอธิบายชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และสรุปปัจจัยที่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่างกัน **4. ขั้นการขยายความรู้** - นักเรียนพิจารณากราฟแสดงจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ที่เกิดพันธะไฮโดรเจน - นักเรียนอธิบายปัจจัยที่ทำให้สารโคเวเลนต์บางชนิดเกิดพันธะโคเวเลนต์
3. ขั้นสรุปและประเมินผล - นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน	**5. ขั้นการประเมินผล** - ครูประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากคำถามท้ายกิจกรรม ใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย
เรื่อง กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

วิชาเคมี **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**
จำนวน 1 คาบเรียน (คาบเรียนละ 50 นาที) **ผู้สอน นางสาวพรสุดา ทันนา**

---

1. ชื่อหน่วยการเรียนรู้ พันธะเคมี

2. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว.2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลัก และธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. สาระสำคัญ

โมเลกุลของสารต่างๆ ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่สองอะตอมขึ้นไปรวมกัน ยกเว้นอะตอมของธาตุหมู่ VIIIA หรือแก๊สเฉื่อยที่สามารถพบในรูปอะตอมเดี่ยว โดยกระบวนการสลายโมเลกุลของสารให้เป็นอะตอมเดี่ยวจะต้องมีการให้พลังงานจำนวนหนึ่งแก่โมเลกุล แสดงว่าภายในโมเลกุลมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ซึ่งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมนั้น เรียกว่า พันธะเคมี

4. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ด้านความรู้ความเข้าใจ

1. นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้
2. นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

ด้านทักษะกระบวนการ

1. นักเรียนสามารถเขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับได้

ด้านคุณลักษณะ เจตคติ

1. นักเรียนแสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการเสาะแสวงหาความรู้

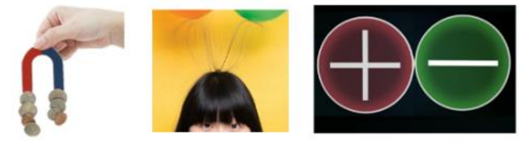
5. สาระการเรียนรู้

ไฮโดรเจนเมื่อเป็นอะตอมอิสระจะมีพลังงานศักย์ค่าหนึ่ง เมื่อไฮโดรเจน 2 อะตอมเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง ส่งผลให้อะตอมไฮโดรเจนมีความเสถียรเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงลดต่ำลง และพลังงานศักย์จะลดลงต่ำที่สุดเมื่อแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมทั้งสองสมดุลกับแรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของทั้งสองอะตอม ณ ตำแหน่งนี้อิเล็กตรอนทั้งสองของไฮโดรเจนจะถูกใช้ร่วมกันเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งระยะห่างระหว่างนิวเคลียสอะตอมไฮโดรเจนทั้งสอง เรียกว่า ความยาวพันธะ และเมื่ออะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากยิ่งขึ้น จะทำให้แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนมีค่าเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงสูงขึ้น ทำให้โมเลกุลไม่เสถียรและไม่สามารถอยู่ในรูปโมเลกุลต่อไปได้

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

6.1 ขั้นนำ (5 นาที)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ร่วมกันสังเกตภาพและระบุชนิดของแรงที่ทำให้สิ่งของทั้งสองสิ่งยึดติดกัน ได้แก่ แรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้าสถิต และแรงประจุไฟฟ้า



แรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้าสถิต แรงประจุไฟฟ้า

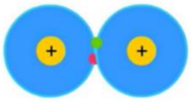
2. ครูอธิบาย การยึดสิ่งของสองสิ่งให้ติดกัน จะต้องมีแรงชนิดใดชนิดหนึ่งมาช่วยยึด

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น การยึดของอะตอมให้ติดกันเป็นโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์จะต้องใช้แรงชนิดใดมาช่วยยึด

6.2 ขั้นสอน (30 นาที)

6.2.1 ขั้นนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนชมภาพเคลื่อนไหว การเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน (H_2)



www.youtube.com/watch?v=y2uUI7fyPBM

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย การเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน (H_2) จากภาพเคลื่อนไหว ลงในใบกิจกรรมที่ 2.1 ด้วยการตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 อะตอมไฮโดรเจนมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่าไรและอยู่ในอะตอมอย่างไร *(อะตอมของธาตุไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอนซึ่งมีประจุบวก จำนวน 1 โปรตอน บรรจุอยู่ภายในนิวเคลียส และอิเล็กตรอนที่มีประจุลบจำนวน 1 อิเล็กตรอน เคลื่อนที่รอบนิวเคลียส)*

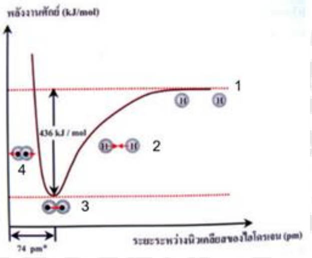
2.2 อะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าหากันได้อย่างไร *(แรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง)*

2.3 นอกจากแรงดึงดูดแล้วยังมีแรงผลัก ซึ่งแรงผลักเกิดขึ้นจากการผลักกันของอะไร *(แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอน และอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจนทั้งสอง)*

2.4 แรงดึงดูดและแรงผลัก ณ ตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์และเกิดเป็นโมเลกุลไฮโดรเจนมีลักษณะอย่างไร *(เกิดสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลัก)*

3. ครูอธิบายเพิ่มเติม อะตอมของธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนไม่เต็มตามจำนวนที่ควรมีในแต่ละระดับพลังงาน จะมีความเสถียรต่ำและมีพลังงานศักย์สูง อะตอมเหล่านี้จะสร้างพันธะกันเองหรือสร้างพันธะกับอะตอมของธาตุอื่น เพื่อให้แต่ละอะตอมมีความเสถียรและพลังงานศักย์ลดลง ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการคายพลังงาน และตำแหน่งที่อะตอมมีพลังงานต่ำที่สุดจะเป็นตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างนิวเคลียสของไฮโดรเจนกับพลังงานศักย์ในกระบวนการเกิดพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่กำหนดให้ จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน



ตำแหน่งที่ 1 : *อะตอมอยู่ห่างกันยังไม่มีแรงกระทำระหว่างกัน มีความเสถียรต่ำและมีพลังงานสูง*

ตำแหน่งที่ 2 : *อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันจะมีแรงดึงดูดและแรงผลักเกิดขึ้น ในช่วงนี้แรงดึงดูดมากกว่าแรงผลักจึงเหนี่ยวนำให้อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กัน ทำให้พลังงานศักย์ของอะตอมลดลง*

ตำแหน่งที่ 3 : *อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันในระยะที่เหมาะสมจะเกิดความสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและผลัก ทำให้พลังงานศักย์มีค่าต่ำที่สุดและมีความเสถียรสูงที่สุด เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลไฮโดรเจนขึ้น*

ตำแหน่งที่ 4 : *หากอะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันเกินไปจะทำให้แรงผลักมีค่ามากกว่าแรงดึงดูด โมเลกุลไฮโดรเจนจึงไม่เสถียรและพลังงานศักย์สูงขึ้น ทำให้ไม่สามารถอยู่ในรูปโมเลกุลต่อไปได้*

6.2.2 ขั้นนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

1. ครูนำเสนอ การเปรียบเทียบเชิงอุปมาอุปไมยระหว่างแรงดึงและแรงผลักของประจุบวกหรือโปรตอนกับประจุลบหรืออิเล็กตรอนในโมเลกุลไฮโดรเจน ด้วยสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน คือแรงดึงและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับแท่งแม่เหล็กขั้วใต้ ดังนี้

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงสภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน โดยใช้แรงดึงดูดและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือแทนโปรตอนในนิวเคลียส และแม่เหล็กขั้วใต้แทนอิเล็กตรอนของอะตอม

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 วัดระยะระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือในโครงสร้างแท่งแม่เหล็กที่สภาวะสมดุล

3.2 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อเลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือให้เข้าใกล้กันมากกว่าสภาวะสมดุล *(เกิดแรงผลักระหว่างแท่งแม่เหล็กเพิ่มขึ้นและมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็ก ทำให้โครงสร้างแท่งแม่เหล็กไม่สามารถดำรงอยู่ที่สภาวะสมดุล)*

3.3 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อเลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือให้ห่างจากกันมากกว่าสภาวะสมดุล *(เกิดแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็กมากกว่าแรงผลัก ที่ทำให้แท่งแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้เคลื่อนที่เข้าใกล้กัน โครงสร้างของแท่งแม่เหล็กจึงไม่เสถียร)*

6.2.3 ขั้นระบุลักษณะสำคัญของแนวคิดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

1. นักเรียนร่วมกันระบุลักษณะสำคัญของสภาวะสมดุลระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับแท่งแม่เหล็กขั้วใต้ที่ใช้ในการอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน ดังนี้

1.1 แรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็ก *(แรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็ก เกิดขึ้นระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับขั้วใต้ เปรียบเทียบกับแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของไฮโดรเจนอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง)*

1.2 แรงผลักระหว่างแท่งแม่เหล็ก *(แรงผลักระหว่างแท่งแม่เหล็ก เกิดขึ้นระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับขั้วเหนือและขั้วใต้กับขั้วใต้ เปรียบเทียบกับแรงผลักระหว่างโปรตอน และแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนของอะตอมทั้งสอง)*

1.3 สภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักของแท่งแม่เหล็ก

(สภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักของแท่งแม่เหล็ก เปรียบเทียบกับสภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักของอะตอมไฮโดรเจนขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์ เป็นตำแหน่งที่อะตอมไฮโดรเจนเกิดพันธะโคเวเลนต์ ทำให้โมเลกุลมีความเสถียร)

1.4 ระยะระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือที่สภาวะสมดุล *(ระยะระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือที่สภาวะสมดุล เปรียบเทียบกับความยาวพันธะหรือระยะระหว่างนิวเคลียสของอะตอมขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์)*

1.5 พลังงานที่น้อยที่สุดใช้ในการทำลายโครงสร้างแท่งแม่เหล็กที่สภาวะสมดุล *(พลังงานที่ใช้ในการทำลายโครงสร้างแท่งแม่เหล็กที่สภาวะสมดุล เปรียบเทียบกับพลังงานพันธะหรือพลังงานที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์)*

6.2.4 ขั้นเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดเปรียบเทียบ

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณากราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน พร้อมตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 พันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด *(ตำแหน่งที่ 3)*

1.2 ความยาวพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนมีค่าเท่าไร *(74 พิโคเมตร)*

1.3 พลังงานที่คายออกมา เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนต์มีค่าเท่าไร *(436 kJ/mol เพราะเป็นความแตกต่างของพลังงานศักย์ระหว่างไฮโดรเจนในรูปอะตอมอิสระกับโมเลกุลไฮโดรเจน)*

1.4 ถ้าต้องการสลายพันธะระหว่างอะตอมไฮโดรเจนให้เป็นอะตอมอิสระต้องใช้พลังงานน้อยที่สุดเท่าไร *(436 kJ/mol เพราะพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับพลังงานที่คายออกมาขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์)*

2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายความคล้ายคลึงระหว่างสภาวะสมดุลของแรงดึงดูดกับแรงผลักของแท่งแม่เหล็กกับสภาวะสมดุลในกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน *(ณ สภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับขั้วใต้ จะมีระยะระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือระยะหนึ่งเท่านั้นที่ทำให้โครงสร้างมีความเสถียร เช่นเดียวกับการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจนจะมีระยะระหว่างนิวเคลียสของอะตอม ระยะหนึ่งเท่านั้นคือ 74 พิโคเมตร ที่ทำให้โมเลกุลมีความเสถียรและเกิดสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างอะตอมไฮโดรเจน(*

6.2.5 ขั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดเปรียบเทียบ

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายความแตกต่างระหว่างสภาวะสมดุลของแรงดึงดูดกับแรงผลักของแท่งแม่เหล็กกับสภาวะสมดุลในกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน

(ไฮโดรเจนหนึ่งอะตอม ประกอบด้วย โปรตอนที่บรรจุในนิวเคลียสและอิเล็กตรอนที่สามารถเคลื่อนอย่างอิสระรอบนิวเคลียส แต่ในโครงสร้างแท่งแม่เหล็ก โปรตอนที่แทนด้วยแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือจะถูกแยกออกจากอิเล็กตรอนที่แทนด้วยแม่เหล็กขั้วใต้ ซึ่งทำให้อาจเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน)

6.2.6 ขั้นสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนร่วมกันสรุปกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ พร้อมระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : แก๊สฟลูออรีน F_2 ความยาวพันธะ= 142 pm, พลังงานพันธะ = 159 kJ/mol

กลุ่มที่ 2 : แก๊สคลอรีน Cl_2 ความยาวพันธะ= 199 pm, พลังงานพันธะ = 243 kJ/mol

กลุ่มที่ 3 : แก๊สโบรมีน Br_2 ความยาวพันธะ= 228 pm, พลังงานพันธะ = 192 kJ/mol

กลุ่มที่ 4 : แก๊สออกซิเจน O_2 ความยาวพันธะ= 121 pm, พลังงานพันธะ = 498 kJ/mol

กลุ่มที่ 5 : แก๊สไนโตรเจน N_2 ความยาวพันธะ= 110 pm ,พลังงานพันธะ = 945 kJ/mol

3. นักเรียนร่วมกันเปรียบเทียบความเสถียร ความยาวพันธะ และพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ ด้วยกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ที่นักเรียนนำเสนอ จากนั้นร่วมกันเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์

6.3 ขั้นสรุปและประเมินผล (15 นาที)

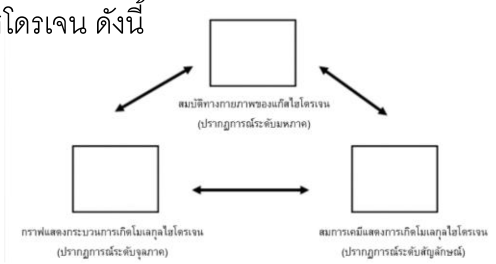
1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ มหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ของการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน (H_2) ด้วยการตอบคำถาม ดังนี้

1.1 อธิบายลักษณะทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจน

1.2 อธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน

1.3 จงเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน

2. นักเรียนร่วมกันสร้างแผนภาพแสดงการปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์การเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน ดังนี้



3. ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

4. ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนจากการตอบคำถามในชั้นเรียน การร่วมกิจกรรมกลุ่ม การสืบค้นและประเมินการทำแบบฝึกหัด

7. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของ สสวท.

2. power point ประกอบการสอน เรื่อง กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

3. ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงการเกิดพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

4. กิจกรรมที่ 2.1 กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

8. วิธีการวัดและประเมินผล

วัดผลตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยพิจารณาจากการร่วมอภิปราย การทำแบบฝึกหัด การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน และการตอบคำถามในชั้นเรียน

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวัด

- แบบสังเกตพฤติกรรม
- ใบกิจกรรม

2. เกณฑ์การวัดผล

- ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้มากกว่าร้อยละ 70

การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกณฑ์

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. **ด้านทักษะความรู้ ความเข้าใจ** - อธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ - ระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะจากกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	- สังเกตจากการตอบคำถามในการทำกิจกรรมในห้องเรียน - สังเกตจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	- การตอบคำถาม - การนำเสนอ - ใบกิจกรรม	- การตอบคำถามผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 - ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้มากกว่าร้อยละ 70
2. **ด้านทักษะกระบวนการ** - เขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ - เชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับได้	- สังเกตจากการตอบคำถามในการทำกิจกรรมในห้องเรียน - สังเกตจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	- การตอบคำถาม - ใบกิจกรรม	- การตอบคำถามผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
3. **ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์** - แสดงความเป็นคนช่างสังเกต ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้	- สังเกตจากการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในห้องเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- กิจกรรมในชั้นเรียน

กิจกรรมที่ 2.1
กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

ชื่อ..ชั้น.............เลขที่..............

<u>คำชี้แจง</u> นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ แสดงความความคิดเห็น และตอบคำถามต่อไปนี้

บทนำ

ไฮโดรเจนเมื่อเป็นอะตอมอิสระจะมีพลังงานศักย์ค่าหนึ่ง เมื่อไฮโดรเจน 2 อะตอมเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง ส่งผลให้อะตอมไฮโดรเจนมีความเสถียรเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงลดต่ำลง และพลังงานศักย์จะลดลงต่ำที่สุดเมื่อแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมทั้งสองสมดุลกับแรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของทั้งสองอะตอม ณ ตำแหน่งนี้อิเล็กตรอนทั้งสองของไฮโดรเจนจะถูกใช้ร่วมกันเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งระยะห่างระหว่างนิวเคลียสอะตอมไฮโดรเจนทั้งสอง เรียกว่า ความยาวพันธะ และเมื่ออะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากยิ่งขึ้น จะทำให้แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนมีค่าเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงสูงขึ้น ทำให้โมเลกุลไม่เสถียรและไม่สามารถอยู่ในรูปโมเลกุลต่อไปได้

ในการศึกษานี้ นักเรียนจะได้ชมภาพเคลื่อนไหว แสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน พร้อมอธิบายแรงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์และกระบวนการเกิดพันธะของโมเลกุลไฮโดรเจน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้
2. นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะจากกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
3. นักเรียนสามารถเขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

สื่อการสอน

1. ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน

ที่มา : WWW. Youtube.com/watch?v=y2uUI7fyPBM

คำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

พันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมไฮโดรเจนของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นได้อย่างไร

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 2.1
กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

<u>ตอนที่ 1.</u> อภิปรายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจนจากการชมภาพเคลื่อนไหว

1. จงเขียนโครงสร้างลิวอิส พร้อมอธิบายการสร้างพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน (H_2)

____
____
____

2. อะตอมไฮโดรเจนมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่าไรและอยู่ในอะตอมอย่างไร

____
____
____

3. อะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าหากันได้อย่างไร______________________________

____

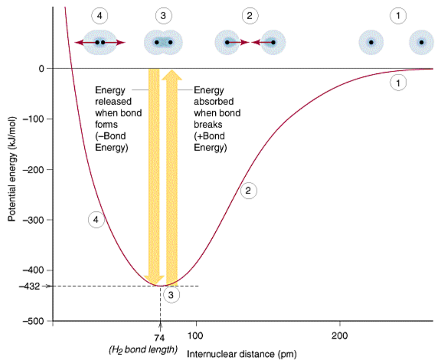
4. นอกจากแรงดึงดูดแล้วยังมีแรงผลัก ซึ่งแรงผลักนั้นเกิดขึ้นจากการผลักกันของอะไร__________

____

5. แรงดึงดูดและแรงผลัก ณ ตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์และเกิดเป็นโมเลกุลไฮโดรเจนมีลักษณะอย่างไร______________________________

<u>ตอนที่ 2.</u>การเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

1. จงอธิบายปรากฏการณ์เกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้



ตำแหน่งที่ 1______________________________

ตำแหน่งที่ 2______________________________

ตำแหน่งที่ 3______________________________

ตำแหน่งที่ 4______________________________

2. ตอบคำถาม จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

2.1 พันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด ____________________________________

2.2 ความยาวพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนมีค่าเท่าไร _________________________

2.3 พลังงานที่คายออกมา เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนต์มีค่าเท่าไร ______________________

2.4 ถ้าต้องการสลายพันธะระหว่างอะตอมไฮโดรเจนให้เป็นอะตอมอิสระต้องใช้พลังงานน้อยที่สุดเท่าไร ____

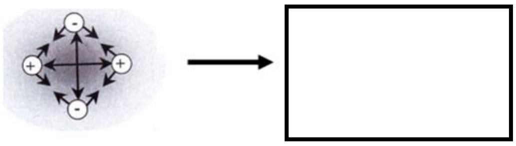
<u>ตอนที่ 3.</u> สภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์

ในการศึกษานี้ นักเรียนจะใช้การอุปมาอุปไมยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้นจากการเชื่อมโยงลักษณะที่เหมือนกันระหว่างตัวอย่างที่สามารถสังเกตได้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการให้เหตุผลเชิงอุปมาอุปไมย

การอุปมาอุปไมยในการเรียนการสอน เรื่องสภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์ สามารถอธิบายด้วยการเปรียบเทียบระหว่างแรงดึงและแรงผลักของประจุบวกหรือโปรตอนกับประจุลบหรืออิเล็กตรอนในโมเลกุลไฮโดรเจน ด้วยสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน คือแรงดึงและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือกับแท่งแม่เหล็กขั้วใต้ ดังนี้

คำชี้แจง นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ แสดงความความคิดเห็น และตอบคำถามต่อไปนี้

1. แสดงสภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน โดยใช้แรงดึงดูดและแรงผลักของแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือแทนโปรตอนและแม่เหล็กขั้วใต้แทนอิเล็กตรอน



2. ตอบคำถามท้ายการทดลอง

2.1 วัดระยะระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือในโครงสร้างแท่งแม่เหล็กที่สภาวะสมดุล_________

2.2 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อเลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือให้เข้าใกล้กันมากกว่าสภาวะสมดุล_________

____

2.3 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อเลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือให้ห่างจากกันมากกว่าสภาวะสมดุล_________

____

3. เปรียบเทียบลักษณะสำคัญของแนวคิดเปรียบเทียบ (Analogy) หรือสภาวะสมดุลระหว่างแท่งแม่เหล็ก และแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Target) หรือสภาวะสมดุลขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์

แนวคิดเปรียบเทียบ	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	เหตุผลประกอบ
1. แรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็ก		
2. แรงผลักระหว่างแท่งแม่เหล็ก		
3. สภาวะสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักของแท่งแม่เหล็ก		
4. ระยะระหว่างแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือที่สภาวะสมดุล		
5. พลังงานที่น้อยที่สุดใช้ในการทำลายโครงสร้างแท่งแม่เหล็กที่สภาวะสมดุล		

4. เปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างแนวคิดเปรียบเทียบหรือสภาวะสมดุลของโครงสร้างแท่งแม่เหล็กกับแนวคิดวิทยาศาสตร์หรือสภาวะสมดุลขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์

____

____

5. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวคิดเปรียบเทียบหรือสภาวะสมดุลของโครงสร้างแท่งแม่เหล็กกับแนวคิดวิทยาศาสตร์หรือสภาวะสมดุลขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์

____

____

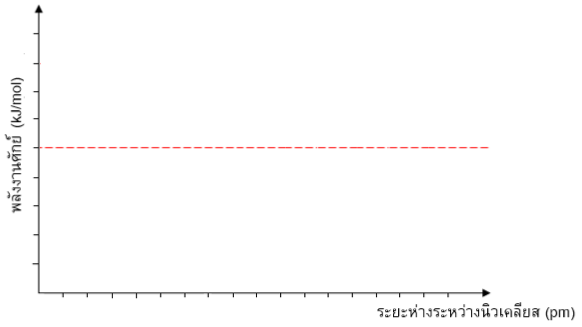
<u>ตอนที่ 4.</u> ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ

1. อธิบายลักษณะทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจน________________________________

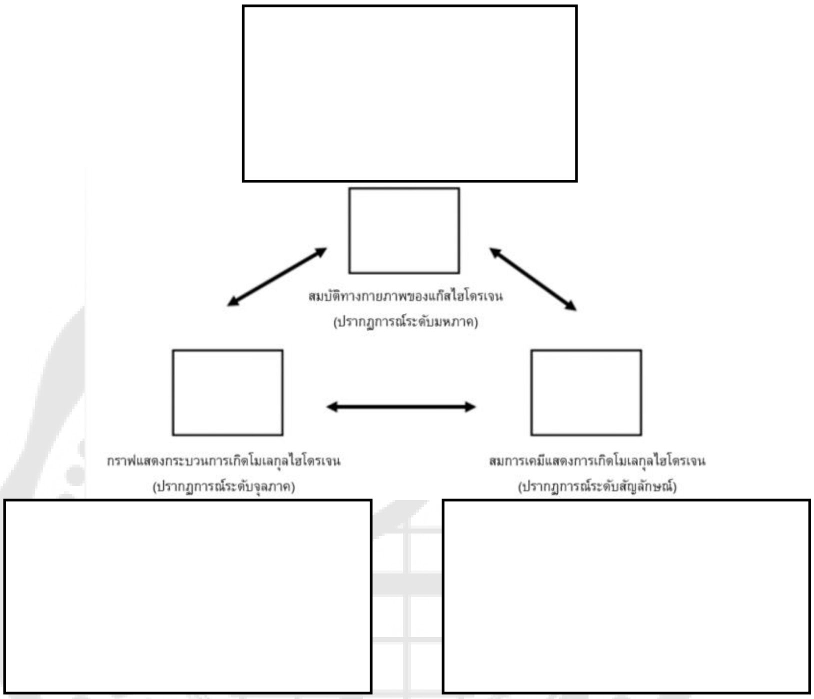
2. จงเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน ______________________________

3. จงเขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน พร้อมระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ

แก๊ส________ ความยาวพันธะ = __________ pm พลังงานพันธะ = ___________ kJ/mol



4. สร้างแผนภาพและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีทั้งสามระดับ คือ ระดับมหภาคหรือปรากฏการณ์สังเกตได้ทางกายภาพ ระดับจุลภาคหรือปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง และระดับสัญลักษณ์หรือการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพื่ออธิบายการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน



แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เรื่อง กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

วิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 1 คาบเรียน (คาบเรียนละ 50 นาที) ผู้สอน นางสาวพรสุดา ทันนา

---

1. ชื่อหน่วยการเรียนรู้ พันธะเคมี

2. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว. 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลัก และธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. สาระสำคัญ

โมเลกุลของสารต่างๆ ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่สองอะตอมขึ้นไปรวมกัน ยกเว้นอะตอมของธาตุหมู่ VIIIA หรือแก๊สเฉื่อยที่สามารถพบในรูปอะตอมเดี่ยว โดยกระบวนการสลายโมเลกุลของสารให้เป็นอะตอมเดี่ยวจะต้องมีการให้พลังงานจำนวนหนึ่งแก่โมเลกุล แสดงว่าภายในโมเลกุลมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ซึ่งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมนั้น เรียกว่า พันธะเคมี

4. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ด้านความรู้ความเข้าใจ

1. นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้

2. นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

ด้านทักษะกระบวนการ

1. นักเรียนสามารถเขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

ด้านคุณลักษณะ เจตคติ

1. นักเรียนแสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการเสาะแสวงหาความรู้

5. สาระการเรียนรู้

ไฮโดรเจนเมื่อเป็นอะตอมอิสระจะมีพลังงานศักย์ค่าหนึ่ง เมื่อไฮโดรเจน 2 อะตอมเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอม ส่งผลให้อะตอมไฮโดรเจนมีความเสถียรเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงลดต่ำลง และพลังงานศักย์จะลดลงต่ำที่สุดเมื่อแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมทั้งสองสมดุลกับแรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของทั้งสองอะตอม ณ ตำแหน่งนี้อิเล็กตรอนทั้งสองของไฮโดรเจนจะถูกใช้ร่วมกันเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งระยะห่างระหว่างนิวเคลียสอะตอมไฮโดรเจนทั้งสอง เรียกว่า ความยาวพันธะ และเมื่ออะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากยิ่งขึ้น จะทำให้แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนมีค่าเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงสูงขึ้น ทำให้โมเลกุลไม่เสถียรและไม่สามารถอยู่ในรูปโมเลกุลต่อไปได้

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 **สร้างความสนใจ** (engagement) (3 **นาที**)

1. นักเรียนทบทวน การสร้างพันธะระหว่างอะตอมของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

$$H\bullet \quad + \quad \bullet H \longrightarrow H:H$$

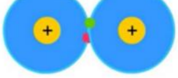
(อะตอมไฮโดรเจนมีเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 ต้องการอีก 1 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 2 ดังนั้นไฮโดรเจนทั้งสองอะตอมจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้มีเวเลนต์อิเล็กตรอนเหมือนฮีเลียม)

2. นักเรียนตอบคำถาม อะตอมของโมเลกุลไฮโดรเจน เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันได้อย่างไร

ขั้นที่ 2 **สำรวจและค้นหา** (exploration) (20 **นาที**)

1. นักเรียนร่วมกันทบทวนลักษณะของพันธะโคเวเลนต์ *(พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง และพลังงานไอออไนเซชันใกล้เคียงกัน ซึ่งนิวเคลียสของอะตอมจะส่งแรงดึงดูดไปยังอิเล็กตรอนของอีกฝ่ายเพื่อดึงดูดอิเล็กตรอนเข้าหาตนเอง ทำให้อิเล็กตรอนอยู่กึ่งกลางระหว่างอะตอมทั้งสองในลักษณะการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน)*

2. นักเรียนชมภาพเคลื่อนไหว (Animation) การเกิดพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน



www.youtube.com/watch?v=y2uUl7fyPBM

3. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ร่วมกันอภิปรายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจนจากการชมภาพเคลื่อนไหว ลงในใบกิจกรรมที่ 2.1 ด้วยการตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 อะตอมไฮโดรเจนมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่าไรและอยู่ในอะตอมอย่างไร *(อะตอมของธาตุไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอนซึ่งมีประจุบวก จำนวน 1 โปรตอน บรรจุอยู่ภายในนิวเคลียส และอิเล็กตรอนที่มีประจุลบจำนวน 1 อิเล็กตรอน เคลื่อนที่รอบนิวเคลียส)*

3.2 อะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าหากันได้อย่างไร *(แรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง)*

3.3 นอกจากแรงดึงดูดแล้วยังมีแรงผลัก ซึ่งแรงผลักเกิดขึ้นจากการผลักกันของอะไร *(แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอน และอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจนทั้งสอง)*

3.4 แรงดึงดูดและแรงผลัก ณ ตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์และเกิดเป็นโมเลกุลไฮโดรเจนมีลักษณะอย่างไร *(เกิดสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลัก)*

4. ครูอธิบาย อะตอมของธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนไม่เต็มตามจำนวนที่ควรมีในแต่ละระดับพลังงาน จะมีความเสถียรต่ำและมีพลังงานศักย์สูง อะตอมเหล่านี้จึงสร้างพันธะกันเองหรือสร้างพันธะกับอะตอมอื่นเพื่อให้มีความเสถียรเพิ่มขึ้นและมีพลังงานศักย์ลดลง ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการคายพลังงาน และตำแหน่งที่อะตอมมีพลังงานต่ำที่สุดจะเป็นตำแหน่งอะตอมที่เกิดพันธะโคเวเลนต์

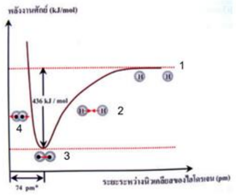
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอธิบายการเกิดพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่กำหนดให้ ด้วยกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม และอธิบายเหตุผลประกอบ

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (explanation) (10 **นาที)**

1. ครูสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

1.1 กิจกรรมที่ 2.1 ตอนที่ 1. อภิปรายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนจากการชมภาพเคลื่อนไหว

1.2 กิจกรรมที่ 2.1 ตอนที่ 2. การเปลี่ยนแปลงพลังงานในเกิดพันธะโคเวเลนต์ ณ ตำแหน่งต่างๆ จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน



ตำแหน่งที่ 1 : *อะตอมอยู่ห่างกันยังไม่มีแรงกระทำระหว่างกัน มีความเสถียรต่ำและมีพลังงานสูง*

ตำแหน่งที่ 2 : *อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันจะมีแรงดึงดูดและแรงผลักเกิดขึ้น ในช่วงนี้แรงดึงดูดมากกว่าแรงผลักจึงเหนี่ยวนำให้อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กัน ทำให้พลังงานศักย์ของอะตอมลดลง*

ตำแหน่งที่ 3 : *อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันในระยะที่เหมาะสมจะเกิดความสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและผลัก ทำให้พลังงานศักย์มีค่าต่ำที่สุดและมีความเสถียรสูงที่สุด เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลไฮโดรเจนขึ้น*

ตำแหน่งที่ 4 : *หากอะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันเกินไปจะทำให้แรงผลักมีค่ามากกว่าแรงดึงดูด โมเลกุลจึงไม่เสถียรและพลังงานศักย์สูงขึ้น ไม่สามารถอยู่ในรูปโมเลกุลต่อไป*

2. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม

2.1 พันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด *(ตำแหน่งที่ 3)*

2.2 ความยาวพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนมีค่าเท่าไร *(74 พิโกเมตร)*

2.3 พลังงานที่คายออกมา เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนต์มีค่าเท่าไร *(436 kJ/mol เพราะเป็นความแตกต่างของพลังงานศักย์ระหว่างไฮโดรเจนในรูปอะตอมอิสระกับโมเลกุลไฮโดรเจน)*

2.4 ถ้าต้องการสลายพันธะระหว่างอะตอมไฮโดรเจนให้เป็นอะตอมอิสระต้องใช้พลังงานน้อยที่สุดเท่าไร *(436 kJ/mol เพราะพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับพลังงานที่คายออกมาขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์)*

3. นักเรียนร่วมกันสรุปกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน *(เมื่อไฮโดรเจน 2 อะตอมเข้าใกล้กันจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนของทั้งสองอะตอม จึงมีแนวโน้มที่จะพบอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนทั้งสองอยู่ระหว่างนิวเคลียสของไฮโดรเจน 2 อะตอมนั้น ในขณะเดียวกันก็มีแรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมด้วย โดยแรงดึงดูดที่ทำให้อะตอมทั้งสองเข้าใกล้กันทำให้พลังงานของอะตอมทั้งสองลดลง เมื่ออะตอมเข้าใกล้กันในระยะที่เหมาะสมและมีพลังงานต่ำที่สุด อะตอมจะเกิดการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นโมเลกุล)*

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (elaboration) **(5 นาที)**

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ พร้อมระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : แก๊สฟลูออรีน F_2 ความยาวพันธะ= 142 pm, พลังงานพันธะ = 159 kJ/mol

กลุ่มที่ 2 : แก๊สคลอรีน Cl_2 ความยาวพันธะ= 199 pm, พลังงานพันธะ = 243 kJ/mol

กลุ่มที่ 3 : แก๊สโบรมีน Br_2 ความยาวพันธะ= 228 pm, พลังงานพันธะ = 192 kJ/mol

กลุ่มที่ 4 : แก๊สออกซิเจน O_2 ความยาวพันธะ= 121 pm, พลังงานพันธะ = 498 kJ/mol

กลุ่มที่ 5 : แก๊สไนโตรเจน N_2 ความยาวพันธะ= 110 pm ,พลังงานพันธะ = 945 kJ/mol

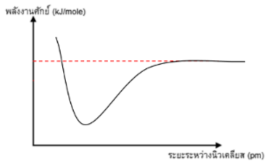
2. ผู้แทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3. นักเรียนร่วมกันเปรียบเทียบความเสถียร ความยาวพันธะ และพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ ด้วยกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ที่นักเรียนนำเสนอ

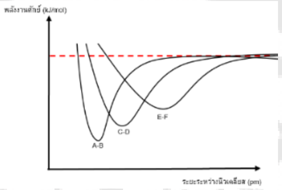
ขั้นที่ 5 ประเมิน (evaluation) (12 **นาที)**

1. ครูประเมินจากการสุ่มนักเรียนตอบคำถามหน้าชั้นเรียน

1.1 นักเรียนระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุล XY ดังนี้



1.2 นักเรียนเปรียบเทียบความเสถียร ความยาวพันธะ ความแข็งแรงพันธะ และพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ต่อไปนี้



2. ครูประเมินการเรียนรู้จากแบบทดสอบหลังเรียน

3. ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้ การตอบคำถามในชั้นเรียน การร่วมกิจกรรมกลุ่ม การสืบค้นและประเมินการทำแบบฝึกหัด

7. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของ สสวท.

2. power point ประกอบการสอน เรื่อง กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

3. ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงกระบวนการเกิดพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

4. กิจกรรมที่ 21. กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

8. วิธีการวัดและประเมินผล

วัดผลตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยพิจารณาจากการร่วมอภิปราย การทำแบบฝึกหัด การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน และการตอบคำถามในชั้นเรียน

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวัด

- แบบสังเกตพฤติกรรม
- ใบกิจกรรม

2. เกณฑ์การวัดผล

- ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้มากกว่าร้อยละ 70

การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกณฑ์

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. **ด้านทักษะความรู้ ความเข้าใจ** - อธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ - ระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะจากกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	- สังเกตจากการตอบคำถามในการทำกิจกรรมในห้องเรียน - สังเกตจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	- การตอบคำถาม - การนำเสนอ - ใบกิจกรรม	- การตอบคำถามผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 - ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้มากกว่าร้อยละ 70
2. **ด้านทักษะกระบวนการ** - เขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์	- สังเกตจากการตอบคำถามในการทำกิจกรรมในห้องเรียน - สังเกตจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	- การตอบคำถาม - ใบกิจกรรม	- การตอบคำถามผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
3. **ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์** - แสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการเสาะแสวงหาความรู้	- สังเกตจากการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในห้องเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- การทำกิจกรรมในชั้นเรียน

กิจกรรมที่ 2.1

กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

ชื่อ...ชั้น.................เลขที่....................

<u>คำชี้แจง</u> นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ แสดงความความคิดเห็น และตอบคำถามต่อไปนี้

บทนำ

ไฮโดรเจนเมื่อเป็นอะตอมอิสระจะมีพลังงานศักย์ค่าหนึ่ง เมื่อไฮโดรเจน 2 อะตอมเคลื่อนที่เข้าหากันด้วยแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง ส่งผลให้อะตอมไฮโดรเจนมีความเสถียรเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงลดต่ำลง และพลังงานศักย์จะลดลงต่ำที่สุดเมื่อแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมทั้งสองสมดุลกับแรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของทั้งสองอะตอม ณ ตำแหน่งนี้อิเล็กตรอนทั้งสองของไฮโดรเจนจะถูกใช้ร่วมกันเกิดเป็น พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งระยะห่างระหว่างนิวเคลียสอะตอมไฮโดรเจนทั้งสอง เรียกว่า ความยาวพันธะ และเมื่ออะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากยิ่งขึ้น จะทำให้แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนมีค่าเพิ่มขึ้นพลังงานศักย์จึงสูงขึ้น ทำให้โมเลกุลไม่เสถียรและไม่สามารถอยู่ในรูปโมเลกุลต่อไปได้

ในการศึกษานี้ นักเรียนจะได้ชมภาพเคลื่อนไหว แสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน พร้อมอธิบายแรงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์และกระบวนการเกิดพันธะของโมเลกุลไฮโดรเจน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้
2. นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะจากกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
3. นักเรียนสามารถเขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

สื่อการสอน

1. ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน

ที่มา : WWW. Youtube.com/watch?v=y2uUI7fyPBM

คำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

พันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมไฮโดรเจนของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นได้อย่างไร

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 2.1
กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

<u>ตอนที่ 1.</u> อภิปรายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนจากการชมภาพเคลื่อนไหว

1. จงเขียนโครงสร้างลิวอิส พร้อมอธิบายการสร้างพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน (H_2)

____
____
____

2. อะตอมไฮโดรเจนมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่าไรและอยู่ในอะตอมอย่างไร

____
____
____

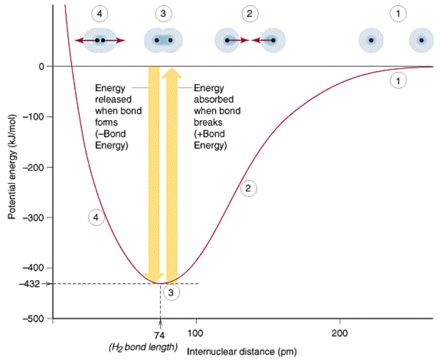
3. อะตอมไฮโดรเจนเคลื่อนที่เข้าหากันได้อย่างไร____________________
____

4. นอกจากแรงดึงดูดแล้วยังมีแรงผลัก ซึ่งแรงผลักนั้นเกิดขึ้นจากการผลักกันของอะไร__________
____

5. แรงดึงดูดและแรงผลัก ณ ตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์และเกิดเป็นโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนมีลักษณะอย่างไร____________________

<u>ตอนที่ 2.</u> การเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

1. จงอธิบายปรากฏการณ์เกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้



ตำแหน่งที่ 1____________________

ตำแหน่งที่ 2____________________

ตำแหน่งที่ 3____________________

ตำแหน่งที่ 4____________________

2. ตอบคำถาม จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

2.1 พันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด ____

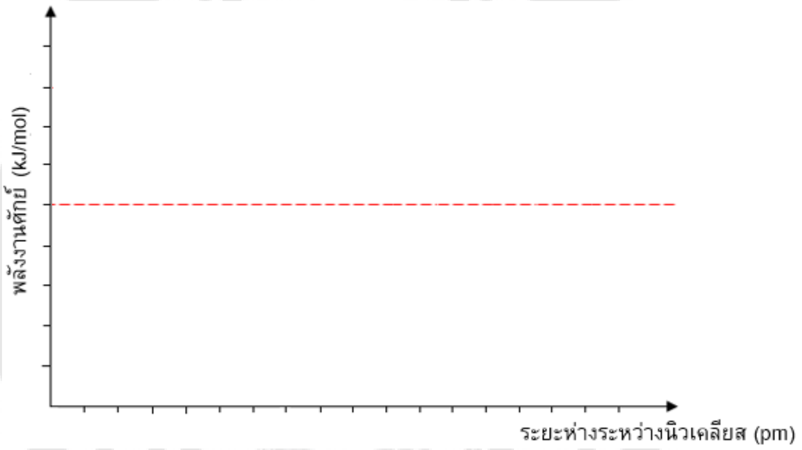
2.2 ความยาวพันธะของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนมีค่าเท่าไร ____________________________

2.3 พลังงานที่คายออกมา เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนต์มีค่าเท่าไร ________________________

2.4 ถ้าต้องการสลายพันธะระหว่างอะตอมไฮโดรเจนเป็นอะตอมอิสระต้องใช้พลังงานน้อยที่สุดเท่าไร ____

3. จงเขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ พร้อมระบุตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ

แก๊ส__________ ความยาวพันธะ = ________ pm พลังงานพันธะ = __________ kJ/mol



แบบทดสอบหลังเรียน
เรื่อง กระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์

ชื่อ...ชั้น................เลขที่.......................

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันได้อย่างไร

ก. แรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่รอบอะตอมนั้น

ข. แรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง

ค. แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนของอะตอมทั้งสอง

ง. แรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมทั้งสอง

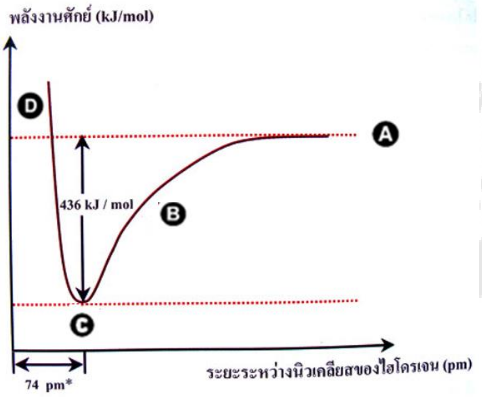
2. แรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างอะตอมขณะที่เกิดพันธะโคเวเลนต์เป็นอย่างไร

ก. แรงดึงดูดมากกว่าแรงผลัก ข. แรงดึงดูดน้อยกว่าแรงผลัก

ค. แรงดึงดูดสมดุลกับแรงผลัก ง. ไม่มีทั้งแรงดึงดูดและแรงผลัก

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 3-7

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน (H_2)



3. จากกราฟการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน ตำแหน่งใดมีความเสถียรมากที่สุด

ก. A ข. B ค. C ง. D

4. พลังงานที่คายออกมาขณะเกิดพันธะโคเวเลนต์เป็นเท่าไร

ก. 436 kJ/mol ข. น้อยกว่า 436 kJ/mol ค. มากกว่า 436 kJ/mol ง. ไม่มีข้อถูก

5. ระยะที่นิวเคลียสของอะตอมไฮโดรเจนสามารถเคลื่อนที่เข้าใกล้กันได้มากที่สุดและเสถียรที่สุดเป็นเท่าไร

ก. 74 pm ข. น้อยกว่า 74 pm ค. มากกว่า 74 pm ง. ไม่มีข้อถูก

6. เมื่ออะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากกว่าตำแหน่งที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ พลังงานศักย์เปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. คงที่ ข. ลดลง ค. เพิ่มขึ้น ง. เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

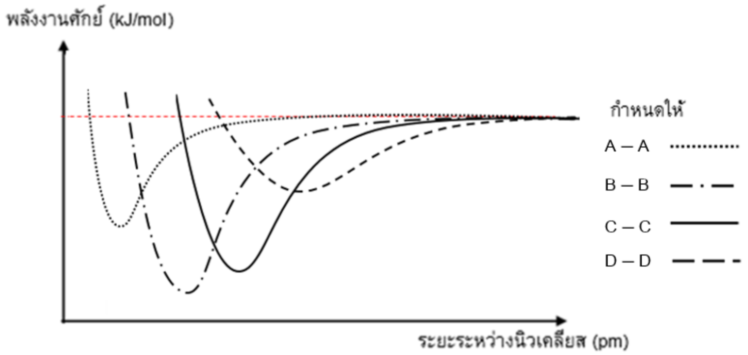
7. ข้อใดอธิบายสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงในข้อ 6. ได้ถูกต้อง

ก. แรงดึงดูดมากกว่าแรงผลัก ข. แรงดึงดูดน้อยกว่าแรงผลัก

ค. แรงดึงดูดเท่ากับแรงผลัก ง. ไม่มีทั้งแรงดึงดูดและแรงผลัก

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 8-10

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุล A-A, B-B, C-C, D-D



8. โมเลกุลโคเวเลนต์ใดมีความเสถียรมากที่สุด

ก. A-A ข. B-B ค. C-C ง. D-D

9. ข้อใดเขียนสมการการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ถูกต้อง

ก. A (g) + A (g) + พลังงาน ⟶ A_2 (g) ข. B (g) + B (g) ⟶ B_2 (g) + พลังงาน

ค. C_2 (g) + พลังงาน ⟶ C (g) + C (g) ง. D_2 (g) ⟶ D (g) + D (g) + พลังงาน

10. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. โมเลกุล A_2 มีความเสถียรมากกว่า B_2

ข. โมเลกุล B_2 มีความยาวพันธะมากกว่า C_2

ค. โมเลกุล C_2 มีความแข็งแรงของพันธะมากกว่า D_2

ง. โมเลกุล D_2 มีพลังงานพันธะมากกว่า A_2

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี
เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์
2. แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีจำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน ให้เวลา 1 คาบเรียน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว จากข้อ ก ข ค ง โดยขีดเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบ

ก	ข	ค	ง
	X		

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ทำเครื่องหมาย = ทับรอยเดิมจึงขีดคำตอบใหม่
5. ห้ามนักเรียนขีดเขียนเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้
6. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำ

แบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ อะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันได้อย่างไร

ก. แรงดึงดูดระหว่างโปรตอนกับโปรตอนของอะตอมที่สร้างพันธะ

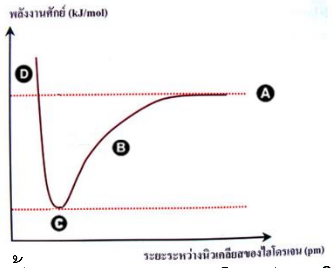
ข. แรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของอะตอมที่สร้างพันธะ

ค. แรงดึงดูดระหว่างประจุบวกกับประจุลบของไอออนที่สร้างพันธะ

ง. แรงดึงดูดระหว่างโปรตอนของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมที่สร้างพันธะ

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 2-3

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุล Y_2



2. ตำแหน่งใดที่อะตอมทั้งสองของธาตุ Y เกิดพันธะโคเวเลนต์

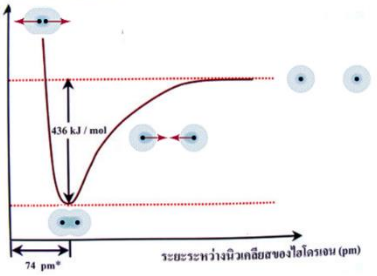
ก. A ข. B ค. C ง. D

3. พลังงานที่ปล่อยออกมาหลังเกิดพันธะโคเวเลนต์มีค่าเท่าไร

ก. A — B ข. A — C ค. D — C ง. D — A

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 4-5

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุลไฮโดรเจน



4. ข้อความใดกล่าว***ไม่ถูกต้อง***

ก. รัศมีของอะตอมในโมเลกุลไฮโดรเจน เท่ากับ 74 pm

ข. ความยาวพันธะของโมเลกุลไฮโดรเจน เท่ากับ 74 pm

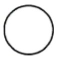
ค. พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อเกิดโมเลกุลไฮโดรเจน เท่ากับ 436 kJ/mol

ง. พลังงานที่น้อยที่สุดใช้ในการสลายพันธะในโมเลกุลไฮโดรเจน เท่ากับ 436 kJ/mol

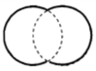
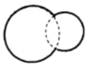
5. การเขียนสมการแสดงการเกิดโมเลกุลไฮโดรเจนใด เขียนถูกต้อง

ก. 2H (g) + 436 kJ/mol $\longrightarrow$ H_2 (g) ข. 2H (g) $\longrightarrow$ H_2 (g) + 436 kJ/mol

ค. H_2 (g) + 436 kJ/mol $\longrightarrow$ 2H (g) ง. H_2 (g) $\longrightarrow$ 2H (g) + 436 kJ/mol

6. แผนภาพแสดงกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนของอะตอม ข้อใดแสดงการเกิดพันธะของโมเลกุล HF ได้ถูกต้อง <u>กำหนดให้</u>  แทน กลุ่มหมอกอิเล็กตรอนของอะตอม

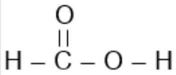
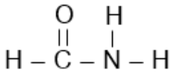
แทน กลุ่มหมอกอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน

ก.  ข. ค.  ง.

7. การเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบ H_2O_2 ข้อใดเขียนถูกต้อง

ก. H – O – H – O ข. H – O – O – H ค. O – H – H – O ง. H – O = O – H

8. การเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบโคเวเลนต์ใด***ไม่ถูกต้อง***

ก. HCOOH :  ข. $CHONH_2$: 

ค. HOCN : H – O – C $\equiv$ N ง. HSCN : H – S = C = N

9. สารประกอบใดเกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิดพันธะสาม

ก. C_2H_2 ข. CH_4 ค. CO_2 ง. CO_3^{2-}

10. สารประกอบโคเวเลนต์คู่ใด ที่อะตอมกลางมีจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเท่ากัน

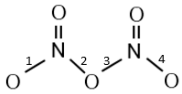
ก. SO_2, XeF_2 ข. PCl_3, BF_3 ค. H_2O, ClF_3 ง. H_2S, NH_3

11. ข้อใดเปรียบเทียบความยาวพันธะระหว่างอะตอม C กับ O ถูกต้อง

ก. $CO_2 > CO_3^{2-} > CO$ ข. $CO > CO_2 > CO_3^{2-}$

ค. $CO_3^{2-} > CO_2 > CO$ ง. $CO > CO_3^{2-} > CO_2$

12. จากโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล N_2O_5 พันธะใดเป็นพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์



ก. 1 และ 2 ข. 1 และ 4

ค. 2 และ 3 ง. 2 และ 4

13. โครงสร้างลิวอิสของสารประกอบโคเวเลนต์ใด มีพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์

ก. CO_2 : O = C = O ข. HCN : H — C $\equiv$ N

ค. HCNO : H — C $\equiv$ N — O ง. HSCN : H — S — C $\equiv$ N

14. สารประกอบโคเวเลนต์ใด***ไม่***เกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ทั้งคู่

ก. CO, CO_2 ข. N_2O, NO_2^- ค. SO_2, SO_3 ง. CO_3^{2-}, NO_3^-

15. การเรียงลำดับจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของ SiF_4, SF_4 และ XeF_4 ข้อใดถูกต้อง

ก. $SiF_4 > SF_4 > XeF_4$ ข. $SiF_4 > XeF_4 > SF_4$ ค. $XeF_4 > SiF_4 > SF_4$ ง. $XeF_4 > SF_4 > SiF_4$

16. การอ่านชื่อสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจนตามกฎ IUPAC ใดถูกต้อง

ก. NO ไนโตรเจนออกไซด์ ข. NO_2 มอนอไนโตรเจนไดออกไซด์

ค. N_2O ไดไนโตรเจนออกไซด์ ง. N_2O_3 ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์

17. กำหนดให้ธาตุ W, X, Y และ Z มีเลขอะตอม 6, 7, 16 และ 17 ตามลำดับ พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการรวมตัวกับธาตุออกซิเจน ข้อใดเขียนสูตรโมเลกุล***ไม่ถูกต้อง***

ก. W_2O ข. X_2O_3 ค. YO ง. Z_2O

18. ถ้าธาตุ A ที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 7 สร้างพันธะกับธาตุ B ที่มีเลขอะตอม 17 จะเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ที่มีรูปร่างโมเลกุลตรงกับข้อใด

ก. สามเหลี่ยมแบนราบ ข. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม ค. พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม ง. ทรงสี่หน้า

19. ถ้าธาตุ X และ Y มีเลขอะตอมเท่ากับ 5 และ 15 ตามลำดับ สารประกอบคลอไรด์ของ X และ Y ควรมีสูตรและรูปร่างโมเลกุลอย่างไร

ก. XCl_3, YCl_5 สามเหลี่ยมแบนราบและพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

ข. XCl_3, YCl_5 สามเหลี่ยมแบนราบและพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม

ค. XCl_3, YCl_3 สามเหลี่ยมแบนราบและสามเหลี่ยมแบนราบ

ง. XCl_3, YCl_3 สามเหลี่ยมแบนราบและพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

20. สารประกอบโคเวเลนต์ชนิดหนึ่ง ที่อะตอมกลางสร้างพันธะเดี่ยวกับอะตอมอื่น 5 พันธะและมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่ ควรมีรูปร่างโมเลกุลอย่างไร

ก. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม ข. ทรงสี่หน้า ค. พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม ง. ทรงแปดหน้า

21. จงพิจารณาข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

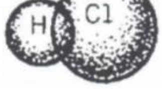
ข้อ	สูตรโมเลกุล	อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (คู่)	อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (คู่)	รูปร่างโมเลกุล
ก.	PCl_5	5	1	พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม
ข.	PCl_3	3	1	พีระมิดฐานสามเหลี่ยม
ค.	NH_4^+	3	1	ทรงสี่หน้า
ง.	H_2O	2	2	เส้นตรง

22. การเรียงลำดับมุมระหว่างพันธะจากมากไปหาน้อยใดถูกต้อง

ก. $CS_2 > BF_3 > CCl_4 > Cl_2O$ ข. $Cl_2O > CS_2 > CCl_4 > BF_3$

ค. $CCl_4 > BF_3 > Cl_2O > CS_2$ ง. $CS_2 > Cl_2O > BF_3 > CCl_4$

23. จากรูปด้านล่าง ข้อใดกล่าว***ไม่ถูกต้อง***



ก. HCl เป็นพันธะโคเวเลนต์มีขั้ว

ข. HCl เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้ว

ค. Cl มีอำนาจในการดึงดูดอิเล็กตรอนสูงกว่า H เนื่องจากมีค่า EN สูงกว่า

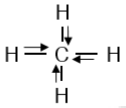
ง. Cl มีอำนาจในการดึงดูดอิเล็กตรอนสูงกว่า H เนื่องจากขนาดใหญ่กว่า

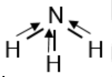
24. ข้อใดเรียงลำดับความแรงของสภาพขั้วพันธะจากน้อยไปหามากได้ถูกต้อง

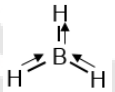
ก. C-O < C-S < P-P < B-F   ข. P-P < C-S < C-O < B-F

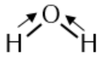
ค. C-S < P-P < B-F < C-O   ง. B-F < C-S < C-O < P-P

25. การแสดงทิศทางของขั้วพันธะโคเวเลนต์ข้อใด***ไม่ถูกต้อง***

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

26. สารประกอบโคเวเลนต์ใดที่ประกอบด้วยพันธะมีขั้วแต่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

ก. $CHCl_3$, HCN   ข. AsH_3, H_2S ค. PCl_5, SiF_4 ง. N_2, CCl_4

27. สารประกอบโคเวเลนต์ส่วนใหญ่มักมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำ แสดงว่า

ก. พลังงานพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์มีค่าต่ำ   ข. ความยาวของพันธะโคเวเลนต์มีค่าน้อย

ค. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลไม่แข็งแรง   ง. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมไม่แข็งแรง

28. โมเลกุลโคเวเลนต์กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ข้อใด***ไม่ถูกต้อง***

ก. CH_3COOH : พันธะไฮโดรเจน   ข. CH_3NH_2 : แรงดึงดูดระหว่างขั้ว

ค. $CH_3CH_2CH_3$: แรงลอนดอน   ง. CH_3CH_2OH : พันธะไฮโดรเจน

29. การเรียงลำดับความแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจากมากไปหาน้อยใดถูกต้อง

ก. $CI_4 > CBr_4 > CCl_4 > CF_4$ ข. $CCl_4 > CBr_4 > CI_4 > CF_4$

ค. $CF_4 > CI_4 > CBr_4 > CCl_4$ ง. $CF_4 > CCl_4 > CBr_4 > CI_4$

30. จากกระบวนการต่อไปนี้ จงเรียงลำดับชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลตามลำดับ

i. การระเหยของเอทานอล (C_2H_5OH)

ii. จุดเดือดของเอทิลีนไดคลอไรด์ ($C_2H_2Cl_2$)

iii. การหลอมเหลวของกำมะถัน (S_8)

iv. การเดือดของคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4)

ก. พันธะไฮโดรเจน, แรงลอนดอน, แรงดึงดูดระหว่างขั้ว, แรงดึงดูดระหว่างขั้ว

ข. พันธะไฮโดรเจน, แรงดึงดูดระหว่างขั้ว, แรงลอนดอน, แรงลอนดอน

ค. แรงดึงดูดระหว่างขั้ว, แรงดึงดูดระหว่างขั้ว, แรงลอนดอน, แรงดอนลอน

ง. แรงลอนดอน, พันธะไฮโดรเจน, แรงดึงดูดระหว่างขั้ว, แรงดึงดูดระหว่างขั้ว

แบบทดสอบวัด
ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้วัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง ทำนาย และสรุปผลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักฐานประจักษ์พยานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 30 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว จากข้อ ก ข ค ง จ โดยขีดเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบ

ก	ข	ค	ง	จ
	X			

ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ทำเครื่องหมาย = ทับรอยเดิมจึงขีดคำตอบใหม่

ตอนที่ 2. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ให้นักเรียนตอบคำถามและเขียนข้อความแสดงเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ ลงในกระดาษคำตอบ

2. กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 1 คาบเรียน

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำ

<u>ตอนที่ 1</u> ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1-2

1. สมมติว่ามีดินเหนียว 2 ก้อนที่มีขนาด รูปร่างและน้ำหนักเท่ากัน โดยดินเหนียวก้อนแรกถูกปั้นเป็นรูปทรงกลมคล้ายลูกบอลและดินเหนียวอีกก้อนถูกทำให้แบนเป็นลักษณะคล้ายเหรียญ *คำกล่าวใดถูกต้อง*

ก. ดินเหนียวทั้งสองยังคงมีน้ำหนักเท่ากัน

ข. ดินเหนียวรูปทรงลูกบอลมีน้ำหนักมากกว่าดินเหนียวรูปทรงเหรียญ

ค. ดินเหนียวรูปทรงเหรียญมีน้ำหนักมากกว่าดินเหนียวรูปทรงลูกบอล

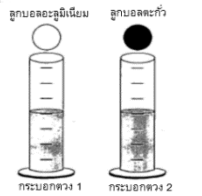
2. เหตุผลที่เลือก

ก. ดินเหนียวที่ถูกทำให้แบนจะมีน้ำหนักลดลง ข. ปริมาณดินเหนียวไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง

ค. ดินเหนียวที่ถูกทำให้แบนจะมีพื้นที่มากขึ้น ง. ดินเหนียวทรงกลมจะมีแรงกดทับที่จุดเดียว

จ. ดินเหนียวที่ถูกทำให้แบนจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 3-4



3. ภาพด้านขวามือ แสดงกระบอกตวง 2 กระบอกที่มีขนาดและรูปร่างเหมือนกันบรรจุน้ำในระดับเดียวกัน และแสดงลูกบอลโลหะ 2 ชนิด คือ ลูกบอลอะลูมิเนียมและลูกบอลตะกั่ว โดยลูกบอลทั้งสองมีขนาดเท่ากันแต่ลูกบอลตะกั่วมีน้ำหนักมากกว่าลูกบอลอะลูมิเนียมเมื่อปล่อยลูกบอลอะลูมิเนียมลงไปในกระบอกตวง 1 ลูกบอลจะจมลงที่ก้นกระบอกตวงและทำให้ระดับน้ำในกระบอกตวงสูงขึ้น 4 ระดับ *ถ้าปล่อยลูกบอลตะกั่วลงในกระบอกตวง 2 ระดับน้ำจะสูงขึ้นไปเท่าใด*

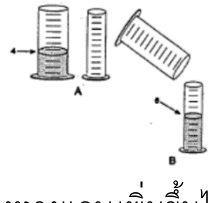
ก. สูงกว่ากระบอกตวง 1 ข. ต่ำกว่ากระบอกตวง 1 ค. เท่ากับกระบอกตวง 1

4. เหตุผลที่เลือก

ก. ลูกบอลตะกั่วมีน้ำหนักมากกว่าลูกบอลอะลูมิเนียม ข. ลูกบอลทั้งสองมีขนาดเท่ากัน

ค. ลูกบอลตะกั่วจมลงในกระบอกตวงเร็วกว่า ง. ลูกบอลทั้งสองถูกสร้างมาจากวัสดุที่ต่างกัน

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 5-8



5. ภาพด้านขวามือ แสดงกระบอกตวงทรงกว้างและกระบอกตวงทรงแคบ โดยกระบอกตวงทั้งสองมีระยะห่างของเส้นแสดงระดับเท่ากัน

เมื่อเติมน้ำในกระบอกตวงทรงกว้างที่ระดับความสูงที่เส้นที่ 4 (ภาพ A) จากนั้นถ่ายเทน้ำไปยังกระบอกตวงทรงแคบ พบว่าระดับน้ำในกระบอกตวงทรงแคบเพิ่มขึ้นไปที่ระดับเส้นที่ 6 (ภาพ B) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง จากกระบอกตวงทั้งสองที่ว่างเปล่า ถ้าเติมน้ำใน

กระบอกตวงทรงกว้างที่ระดับเส้นที่ 2 จากนั้นถ่ายเทน้ำไปยังกระบอกตวงทรงแคบ *อยากทราบว่าระดับน้ำจะเพิ่มขึ้นไปที่ระดับใด*

ก. เส้นที่ 1 ข. เส้นที่ 2 ค. เส้นที่ 3 ง. เส้นที่ 4 จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

6. เหตุผลที่เลือก

ก. ระดับน้ำก่อนถ่ายเทเท่ากับ 2 ดังนั้น ระดับของน้ำหลังถ่ายเทก็จะเท่ากับ 2 เช่นกัน

ข. กระบอกตวง 2 มีลักษณะที่แคบกว่า

ค. พิจารณาจากการเติมน้ำและสังเกตผลจากการทดลองจริง

ง. ไม่สามารถพิจารณาคำตอบได้จากข้อมูลที่ได้รับ

จ. ระดับน้ำในกระบอกตวงเปลี่ยนจาก 4 เป็น 6 คิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 2 ต่อ 3

7. ทำการทดลองซ้ำจากกระบอกตวงทั้งสองที่ว่างเปล่า ถ้าเติมน้ำในกระบอกตวงทรงแคบที่ระดับความสูงเท่ากับ 7 จากนั้นถ่ายเทไปยังกระบอกตวงทรงกว้าง *อยากทราบว่าน้ำจะเพิ่มขึ้นที่ระดับใด*

ก. เส้นที่ 6 ข. เส้นที่ 4 ค. เส้นที่ 5 ง. เส้นที่ 4.5 จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

8. เหตุผลที่เลือก

ก. ลดระดับความสูงของกระบอกกว้างออก 2 จากทุกระดับของกระบอกแคบเท่ากับ 3

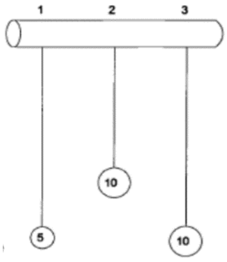
ข. ระดับก่อนถ่ายเทลดลง 2 ระดับ จะเท่ากับระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นหลังถ่ายเท 2 ระดับ

ค. ไม่สามารถพิจารณาคำตอบได้จากข้อมูลที่ได้รับ

ง. อัตราส่วนระหว่างกระบอกตวงทั้งสองเท่าเดิม

จ. พิจารณาจากการเติมน้ำและสังเกตผลจากการทดลองจริง

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 9-12



9. จากรูปด้านขวามือ แสดงเส้นเชือกจำนวน 3 เส้นแขวนอยู่บนท่อนไม้ เชือกทั้งสามเส้นถูกผูกติดกับลูกตุ้มเหล็กที่ปลายเชือก เชือกเส้นที่ 1 และเส้นที่ 3 มีความยาวเท่ากัน ส่วนเชือกเส้นที่ 2 มีความยาวสั้นกว่าเชือกเส้นที่ 1 และ 3 ปลายเชือกเส้นที่ 1 ถูกผูกติดกับลูกตุ้มเหล็กหนัก 5 หน่วย ส่วนปลายเชือกเส้นที่ 2 และ 3 ถูกผูกติดกับลูกตุ้มเหล็กหนัก 10 หนัก ซึ่งเชือกผูกลูกตุ้มทั้งสามสามารถแกว่งไปมาขณะที่จับเวลาที่ลูกตุ้มแกว่งได้ ถ้านักเรียนต้องการหาว่าความยาวของเส้นเชือกมีผลต่อเวลาที่ลูกตุ้มแกว่งไปมาหรือไม่ *จะใช้เชือกเส้นใดในการทดสอบ*

ก. เชือกเส้นที่ 2 และ 3 ข. เชือกเส้นที่ 1 และ 3 ค. เชือกเส้นที่ 1 และ 2

ง. ใช้เชือกทั้งสามเส้น จ. ใช้เชือกเพียงเส้นเดียว

10. เหตุผลที่เลือก

ก. น้ำหนักของลูกตุ้มทั้งสองต่างกัน ข. เปรียบเทียบเส้นเชือกทุกคู่ที่เป็นไปได้

ค. ใช้เส้นเชือกที่มีความยาวมากที่สุด ง. ใช้เส้นเชือกที่มีความยาวต่างกันเท่านั้น

จ. เปรียบเทียบระหว่างเส้นเชือกที่มีน้ำหนักลูกตุ้มหนักกว่าและเบากว่า

11. ถ้านักเรียนต้องการหาว่าน้ำหนักของลูกตุ้มที่ติดอยู่ส่วนปลายของเส้นเชือก มีผลต่อเวลาที่ลูกตุ้มแกว่งไปมาหรือไม่ *จะใช้เชือกเส้นใดในการทดสอบ*

ก. เชือกเส้นที่ 2 และ 3 ข. เชือกเส้นที่ 2 และ 3 ค. เชือกเส้นที่ 1 และ 2

ง. ใช้เชือกทั้งสามเส้น จ. ใช้เชือกเพียงเส้นเดียว

12. เหตุผลที่เลือก

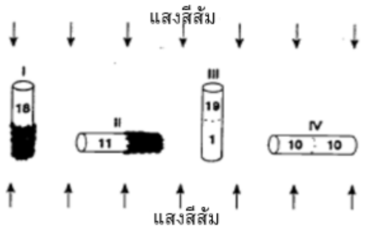
ก. เปรียบเทียบเส้นเชือกทุกคู่ที่เป็นไปได้ ข. ใช้เส้นเชือกที่มีน้ำหนักลูกตุ้มมากที่สุด

ค. ใช้เพียงน้ำหนักลูกตุ้มที่ต่างกัน ง. ใช้เส้นเชือกที่มีความยาวต่างกัน

จ. เปรียบเทียบระหว่างเส้นเชือกที่ยาวกับเส้นเชือกที่สั้น

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 13-16

13. แมลงวันจำนวน 20 ตัวถูกบรรจุในหลอดแก้วแต่ละหลอด จำนวน 4 หลอด แล้วปิดปากหลอดอย่างมิดชิด จากนั้นหุ้มหลอดแก้วที่ 1 และ 2 ด้วยกระดาษสีดำบางส่วน (หลอดที่ 3 และ 4 ไม่ถูกหุ้มด้วยกระดาษ)



เมื่อฉายแสงสีส้มเป็นเวลา 5 นาที แล้วนับจำนวนแมลงวันในส่วนที่ไม่ถูกกระดาษหุ้ม สามารถแสดงได้ดังภาพ *การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแมลงวันตอบสนองต่อสิ่งใด (การตอบสนองหมายถึง การเคลื่อนที่เข้าหาหรือเคลื่อนที่ออกห่าง)*

ก. แต่ไม่ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง ตอบสนองต่อแสงสีส้ม

ข. ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง แต่ไม่ตอบสนองต่อแสงสีส้ม

ค. ตอบสนองทั้งแสงสีส้มและแรงโน้มถ่วง ง. ไม่ตอบสนองทั้งแสงสีส้มและแรงโน้มถ่วง

14. เหตุผลที่เลือก

ก. แมลงวันบางตัวอยู่ที่บริเวณส่วนปลายทั้งสองของหลอดแก้วแต่ละหลอด

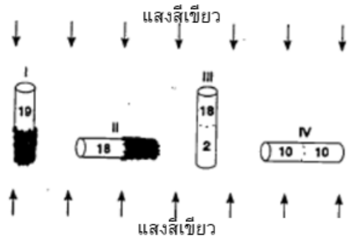
ข. แมลงวันส่วนใหญ่ที่อยู่บริเวณที่ได้รับแสงและส่วนปลายด้านล่างของหลอดแก้ว

ค. แมลงวันจำนวนมากรวมกันอยู่ที่บริเวณส่วนปลายด้านบนของหลอดแก้วที่ 1 และ 3

ง. แมลงวันต้องการแสงในการมองเห็นและบินขึ้นที่สูงเพื่อต้านแรงโน้มถ่วง

จ. แมลงวันจำนวนมากอยู่ที่บริเวณที่ได้รับแสงของหลอดแก้วที่ 2 แต่กระจายตัวอยู่ในหลอด 3

15. จากการทดลอง ถ้าเปลี่ยนชนิดของแมลงวันและใช้แสงสีเขียวแทนแสงสีส้ม ผลการทดลองแสดงดังรูป *จากการทดลองนี้แมลงวันตอบสนองต่อสิ่งใด*



ก. ตอบสนองต่อแสงสีเขียว แต่ไม่ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง

ข. ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง แต่ไม่ตอบสนองต่อแสงสีเขียว

ค. ตอบสนองทั้งแสงสีเขียวและแรงโน้มถ่วง

ง. ไม่ตอบสนองทั้งแสงสีเขียวและแรงโน้มถ่วง

16. เหตุผลที่เลือก

ก. แมลงวันบางตัวอยู่ที่บริเวณส่วนปลายทั้งสองของหลอดแก้วแต่ละหลอด

ข. แมลงวันกระจายตัวอยู่ในหลอดแก้วที่ 4 และอยู่ที่บริเวณส่วนปลายด้านล่างของหลอดที่ 3

ค. แมลงวันส่วนใหญ่อยู่ที่ส่วนปลายด้านล่างของหลอดที่ 3 และอยู่ในส่วนที่มืดของหลอดที่ 2

ง. แมลงวันส่วนใหญ่อยู่ที่ส่วนปลายด้านบนของหลอดที่ 3 และอยู่ในส่วนที่สว่างของหลอดที่ 2

จ. แมลงวันต้องการแสงในการมองเห็นและบินขึ้นที่สูงเพื่อต้านแรงโน้มถ่วง

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 17-18

ภาพด้านล่างแสดงแก้วน้ำและเทียนไขที่ถูกจุดไฟแล้ววางไว้ในภาชนะบรรจุน้ำ เมื่อคว่ำแก้วน้ำครอบเทียนไข เปลวไฟจะดับอย่างรวดเร็วและน้ำที่อยู่ในภาชนะจะถูกดันให้เข้ามาอยู่ภายในแก้ว

การทดลองนี้มีประเด็นที่น่าสนใจคือ “ทำไมน้ำที่อยู่ในภาชนะจึงไหลเข้ามาอยู่ภายในแก้ว”

คำอธิบายที่เป็นไปได้: เปลวไฟจะเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนในอากาศให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เนื่องจากแก๊สออกซิเจนไม่สามารถละลายในน้ำอย่างรวดเร็ว แต่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายในน้ำได้รวดเร็ว แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจึงละลายลงไปในน้ำอย่างรวดเร็วทำให้ความดันอากาศในแก้วลดลง ดังนั้นแรงดันอากาศที่สูงกว่าจากภายนอกแก้วจึงผลักดันให้น้ำไหลเข้ามาอยู่ภายในแก้ว

17. สมมติว่านักเรียนมีอุปกรณ์ที่อ้างถึงด้านบน และมีไม้ขีดไฟกับน้ำแข็งแห้ง (คาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะของแข็ง) เพิ่มเติมจากอุปกรณ์เดิม เมื่อนักเรียนใช้อุปกรณ์บางสิ่งหรือทุกสิ่งที่กล่าวมา *การทดลองที่เป็นไปได้มากที่สุดควรเป็นอย่างไร*

ก. เมื่อละลายคาร์บอนไดออกไซด์ลงในน้ำอย่างอิ่มตัว แล้วทำการทดลองซ้ำความสูงของน้ำในแก้วจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ข. ความสูงของระดับน้ำในแก้วเพิ่มขึ้นเกิดจากแก๊สออกซิเจนถูกใช้ ดังนั้นในการทดลองซ้ำจึงเป็นการแสดงให้เห็นว่าความสูงของระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็นผลจากปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลง

ค. ควบคุมการทดลอง โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนเทียนไขจะได้ผลการทดลองที่แตกต่าง

ง. แรงดันที่ทำให้ระดับน้ำในแก้วสูงขึ้น สามารถศึกษาได้โดยใช้กระบอกตวงที่ปลายเปิดทั้งสองข้าง ซึ่งปลายด้านหนึ่งถูกครอบด้วยลูกโป่งและปลายอีกด้านวางครอบเทียนไขที่ติดไฟ

จ. ทดลองอีกครั้ง ซึ่งแน่ใจว่าตัวแปรอิสระถูกควบคุม จากนั้นวัดระดับความสูงของน้ำที่สูงขึ้น

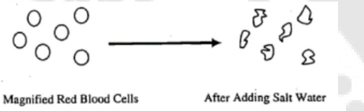
18. จากข้อ 17. *ผลการทดลองใดที่แสดงว่าคำอธิบายความเป็นไปได้ไม่ถูกต้อง*

ก. ระดับน้ำสูงกว่าการทดลองเดิม ข. ระดับน้ำเท่ากับการทดลองเดิม

ค. ระดับน้ำต่ำกว่าการทดลองเดิม

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 19-20

นักเรียนสังเกตลักษณะของหยดเลือดผ่านกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดแดงจะมีลักษณะคล้ายลูกบอล และเมื่อเติมน้ำเกลือลงในหยดเลือด เซลล์เม็ดเลือดแดงจะมีขนาดเล็กลงซึ่งแสดงดังรูปด้านล่าง



จากการสังเกตพบประเด็นที่น่าสนใจคือ “เพราะเหตุใดเซลล์เม็ดเลือดแดงจึงมีขนาดเล็กลง”

สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เป็นไปได้ 2 กรณี คือ 1. ไอออนของเกลือ (Na^+ และ Cl^-) ถูกผลักเข้าไปในเซลล์เม็ดเลือดแดงทำให้เซลล์มีขนาดเล็กลง 2. โมเลกุลของน้ำในเซลล์เม็ดเลือดแดงกระทำกับไอออนของเกลือทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ เซลล์จึงมีขนาดเล็กลง

19. เพื่อทดสอบคำอธิบาย นักเรียนทำการทดลองโดยเติมน้ำในถุงพลาสติกซึ่งสมมติให้ถุงพลาสติกมีสมบัติคล้ายกับเซลล์เม็ดเลือดแดง เมื่อชั่งน้ำหนักของน้ำที่เติมในถุงพลาสติกและวางถุงพลาสติกลงในสารละลายเกลือเป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง *ผลการทดลองควรเป็นอย่างไรเพื่อสนับสนุนคำอธิบายที่ 1*

ก. ถุงพลาสติกมีน้ำหนักลดลง ข. ถุงพลาสติกมีน้ำหนักเท่าเดิม ค. ถุงพลาสติกมีขนาดเล็กลง

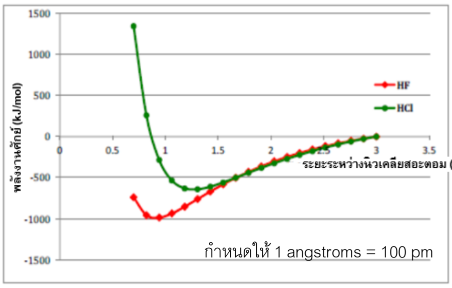
20. *ผลการทดลองควรเป็นอย่างไร เพื่อสนับสนุนคำอธิบายที่ 2*

ก. ถุงพลาสติกมีน้ำหนักลดลง ข. ถุงพลาสติกมีน้ำหนักเท่าเดิม ค. ถุงพลาสติกมีขนาดเล็กลง

<u>ตอนที่ 2</u> ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1-2

พิจารณากราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ในการเกิดโมเลกุล HF และ HCl ดังนี้



1. จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ *จงลากเส้นแสดงการเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะระหว่างโมเลกุล HF กับ HCl พร้อมอธิบายเหตุผล*

ความยาวพันธะ ________________ > ________________

พลังงานพันธะ ________________ > ________________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

____

2. จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ *จงทำนายแนวโน้มความยาวพันธะและพลังงานพันธะของโมเลกุล HF, HCl, HBr, และ HI พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*

<u>กำหนดให้</u> รัศมีของอะตอม H = 37 pm, F = 71 pm, Cl = 99 pm, Br= 114 pm, I= 113 pm

ความยาวพันธะ __________ > __________ > __________ > __________

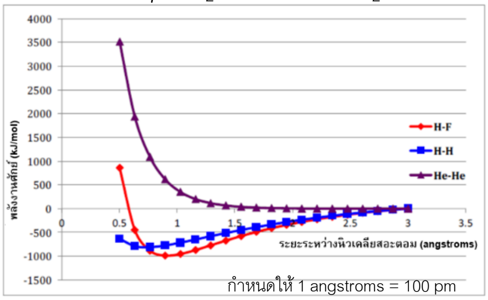
พลังงานพันธะ __________ > __________ > __________ > __________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

____

3. พิจารณากราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ในการเกิดโมเลกุล H_2, HF และ He_2 *จงเปรียบเทียบความเสถียรของโมเลกุล H_2, HF และ He_2 พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*



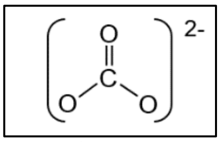
ความเสถียรของโมเลกุล ____________ > _____________ > _____________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

____

4. พิจารณาโครงสร้างลิวอิสของคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-})



กำหนดให้ C – C (143 pm) C = C (123 pm) C ≡ O (109 pm)

ถ้าความยาวพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอน (C) กับออกซิเจน (O) ทั้งสามพันธะในคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) มีค่าเท่ากันคือ 136 pm แสดงว่า*พันธะทั้งสามในคาร์บอเนตไอออนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*

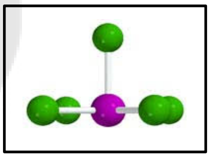
ความสัมพันธ์ระหว่างพันธะทั้งสามของ CO_3^{2-}__________________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

____

5 พิจารณาภาพ แสดงรูปร่างโมเลกุลของสาร .XCl_5 *อะตอม X ควรเป็นอะตอมของธาตุใด พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*



X เป็นอะตอมของธาตุ ______________________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

____

6. พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้

สาร	จำนวนอะตอมที่สร้างพันธะกับอะตอมกลาง	จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่ล้อมรอบอะตอมกลาง	มุมระหว่างพันธะ
CO_2	2	0	(O − C − O) = 180°
SO_2	2	1	(O − S − O) = 119.5°
H_2O	2	2	(H − O − H) = 104.5°

จากข้อมูลที่กำหนดให้ *เพราะเหตุใดสารประกอบโคเวเลนต์ CO_2, SO_2, และ H_2O* จึงมีมุม*ระหว่างพันธะแตกต่างกัน พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*

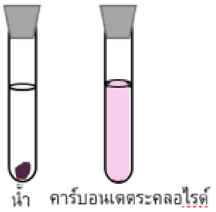
สาเหตุ__________________________________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

____

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 7 - 8

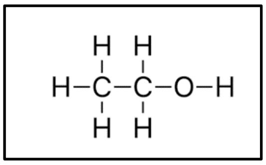


7. ภาพด้านขวามือ แสดงผลการเติมผลึกไอโอดีนจำนวน 10 กรัม ลงในหลอดทดลองที่บรรจุน้ำและคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสี พบว่าผลึกไอโอดีนสามารถละลายในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ แต่ไม่สามารถละลายในน้ำ *การทดลองนี้แสดงว่าการละลายของสารขึ้นอยู่กับปัจจัยใด พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการละลายของสาร________________________________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____



8. จากการทดลอง ถ้าเปลี่ยนจากการเติมไอโอดีนเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ (CH_3CH_2OH) ที่มีสูตรโครงสร้างภาพขวามือ *ผลการทดลองควรเป็นอย่างไร พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*

ทำนายผลการทดลอง____________________________________

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

9. เอทิลแอลกอฮอล์ (CH_3CH_2OH) และไดเมทิลอีเทอร์ (CH_3OCH_3) มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน คือ C_2H_6O และมีมวลโมเลกุลเท่ากัน แต่ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) เอทิลแอลกอฮอล์อยู่ในสถานะของเหลว และไดเมทิลอีเทอร์อยู่ในสถานะแก๊ส จง*อธิบายสาเหตุที่ทำให้สารทั้งสองจึงอยู่ในสถานะที่ต่างกัน* ก. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ข. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมในโมเลกุล

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

10. พิจารณาอนุภาคของน้ำที่สถานะของเหลว

ถ้าต้มน้ำบริสุทธิ์เป็นเวลา 30 นาที *อนุภาคของฟองแก๊สที่เกิดจากการเดือดของน้ำมีลักษณะอย่างไร พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ*

เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ____

____

ภาคผนวก จ

ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

ภาพประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พรสุดา ทันนา
วัน เดือน ปี เกิด	15 ธันวาคม 2533
สถานที่เกิด	จังหวัดศรีสะเกษ
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2548 มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนกันทรลักษ์วิทยา จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2551 มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนกันทรลักษ์วิทยา จังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2555 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา เคมี จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2562 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา เคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	14 ม.14 ต.หนองหญ้าลาด อ.กันทรลักษ์ จ.ศรีสะเกษ 33110