

ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับ
แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

มณัญญา พรินทรากุล

การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
กรกฎาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมีที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



(รองศาสตราจารย์ ดร.วาริรัตน์ แก้วอุไร)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

กรกฎาคม 2560

ประกาศคุณูปการ

การวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วารินทร์ แก้ววูไร ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการวิจัยสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ นางสาวนันทนภัทร บุญยอด รองผู้อำนวยการ โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) และนางธิดา ปัญญาสุภโชติ ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) ที่กรุณาให้ คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์ และมี คุณค่า

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร บุคลากรและนักเรียนประจำชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของ โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ อำนวย ความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการเก็บข้อมูล

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการวิจัยอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยค้ำว่าขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณ ทุกๆ ท่าน

มณัญญา พรินทรากุล

ชื่อเรื่อง	ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้ศึกษาค้นคว้า	มณัญญา พรินทรากุล
ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วารินทร์ แก้วอุไร
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2559
คำสำคัญ	กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) โดยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 1 ห้องเรียน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 9 แผน รวม 18 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ จำนวน 14 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติสำหรับทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ t-test แบบ dependent

ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้

1. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Title	THE EFFECT OF 7Es INQUIRY CYCLE PROCESS WITH CONCEPT MAPPING ON THE CHEMICAL BOND ON CONCEPTUAL THINKING ABILITY AND LEARNING ACHIEVEMENT OF GRADE 10 STUDENTS.
Authors	Mananya Printaragool.
Advisor	Associate Processor Wareerat Keawurai, Ph.D.
Academic Paper	Independent Study M.Ed. in Curriculum and Instruction, Naresuan University, 2016.
Keywords	7Es Inquiry Cycle Process with Concept Mapping, Conceptual Thinking Ability, Learning Achievement.

ABSTRACT

The research purposes were 1) to compare the conceptual thinking ability on grade 10 students by 7Es inquiry cycle process with concept mapping on chemical bond between, before and after study. 2) to compare the learning achievement on grade 10 students by 7Es inquiry cycle process with concept mapping on chemical bond between, before and after study.

The sample were grade 10 students in the 1st semester of the academic year 2016, Phetchabun provincial administrative organization school (wungchomphu). Using purposive selection technique, the experiment group of 37 students. Three types of the instruments used in this studying 1) the lesson plans learning by 7Es inquiry cycle process with concept mapping in learning the on chemical bond contains 9 plans : 18 hours, 2) the 14 items conceptual thinking ability test 3) the 30-items learning achievement test. The statistics for analyzing the collected data mean ,standard deviation, and t-test dependent were employed for testing hypotheses.

The results of the study were as follows:

1. The conceptual thinking ability of grade 10 students after learned with 7Es inquiry cycle process with concept mapping on chemical bond higher than before at statistical significant at .01.

2. The learning achievement of grade 10 students after learned with 7Es inquiry cycle process with concept mapping on chemical bond higher than before at statistical significant at .01.

Keywords: 7Es inquiry cycle process with concept mapping, conceptual thinking ability, learning achievement.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรแกนกลางฯ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	10
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น.....	15
แผนผังมโนทัศน์.....	25
ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์.....	37
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	45
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	47
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	50
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	50
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	51
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	70
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
แผนการดำเนินการวิจัย.....	72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
4 ผลการวิจัย.....	75
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	75
5 บทสรุป.....	78
สรุปผลการวิจัย.....	78
อภิปรายผลการวิจัย.....	78
ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	84
ภาคผนวก.....	89
ประวัติผู้วิจัย.....	217

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงตัวชี้วัด และสาระแกนกลางฯ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	12
2	แสดงโครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	15
3	แสดงบทบาทของครูผู้สอน และบทบาทของนักเรียนในแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น.....	21
4	แสดงวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 มาตรฐาน 3.1.....	52
5	แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์.....	59
6	แสดงเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์โดยใช้องค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ของ Novak และ Gowin (1984,pp 36-37) อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ 2550 หน้า 118).....	62
7	แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	65
8	แสดงแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design	72
9	แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 37).....	76
10	แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 37).....	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า	
11	แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	96
12	แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์กับสถานการณ์และข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน.....	100
13	แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1).....	108
14	แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2).....	110
15	แสดงผลคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	156
16	แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ก่อน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าที แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent).....	158
17	แสดงผลการวิเคราะห์คะแนนแบบประเมินแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละด้านขององค์ประกอบ ของการทดสอบหลังเรียน.....	159

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
18	แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน.....	161
19	แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1 ข้อสอบ 58 ข้อ).....	164
20	แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2 ข้อสอบ จำนวน 30 ข้อ).....	167
21	แสดงผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโน ทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	179
22	แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียน ของ นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโน ทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการ ทดสอบค่าที แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent).....	181

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงกรอบแนวคิดที่ใช้อยู่ในการวิจัย.....	8
2 แสดงการปรับขยายรูปแบบการสอนโดยใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5E เป็น 7E..	19
3 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก.....	27
4 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิด.....	27
5 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง.....	28
6 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายปิด.....	29
7 แสดงการสร้างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่าย.....	31
8 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่าย.....	32
9 แสดงแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำแสดงมโนทัศน์ (fill-in-the-map)	43
10 แสดงแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำเชื่อมบนเส้น (fill-in-the-lines)	44

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของสังคมตั้งแต่ศตวรรษที่ 20 จนถึงศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งด้านวัฒนธรรม ความเป็นอยู่ สังคม เศรษฐกิจและการเมือง รวมทั้งด้านการศึกษา ด้วย เพราะความเจริญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอันก่อให้เกิดโลกแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือเรียกกันง่ายๆ ว่า โลก ICT สภาพสังคม เศรษฐกิจ และการเมืองมีการเปลี่ยนแปลงสภาพสังคมไทยเป็นสังคมเกษตรกรรม ค่อยๆ ปรับเป็นสังคมอุตสาหกรรมเบา ตามมาด้วยอุตสาหกรรมหนัก จนปัจจุบันเป็นสังคมแห่งการแข่งขัน เพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน สังคมไทยปัจจุบันเป็นสังคมที่เน้นการสร้างนวัตกรรม เน้นนวัตกรรมที่เป็นเอกลักษณ์ของประเทศ บูรณาการเรื่องท้องถิ่น และความเป็นชาติไทย สังคมไทยในอดีต เป็นชีวิตที่อุดมสมบูรณ์ เพราะประเทศชาติมีความอุดมสมบูรณ์ ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว อุดมด้วยป่าไม้และสัตว์หลากหลาย ดังนั้นการศึกษาจึงเป็นเครื่องมือสำคัญของการพัฒนาคน พัฒนาสังคม พัฒนาประเทศ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2560, หน้า 3-4)

วิทยาศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูล ที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 ฉบับที่ 5 วิชา วิทยาศาสตร์ ในสาระที่ 3 มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาค มีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มีคะแนนต่ำคือ ได้คะแนนเฉลี่ย 23.72 จากคะแนนเต็ม 100 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์การมหาชน, 2559, หน้า 8) มีคะแนนเฉลี่ยนี้นั้นต่ำกว่าระดับประเทศอยู่มาก และจากรายงานผลการพัฒนาคุณภาพการศึกษาโรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) ประจำปี 2558 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 พบว่าผลการประเมินทั้ง 5 สมรรถนะโดยภาพรวมคิดเป็นร้อยละ 41.80 โดยแบ่งเป็นความสามารถด้านการสื่อสาร ผลการประเมินคิดเป็นร้อยละ 41.11 ความสามารถด้านการคิด ผลการประเมินคิดเป็นร้อยละ 41.11 ความสามารถด้านการแก้ปัญหา ผลการประเมินคิดเป็นร้อยละ 40.70 ความสามารถด้านการใช้ทักษะชีวิต ผลการประเมินคิดเป็นร้อยละ 54.60 ความสามารถด้านการใช้เทคโนโลยี ผลการประเมินคิดเป็น ร้อยละ 31.50 (โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม), 2558, หน้า 172) จากผลการประเมินจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรพัฒนาการจัดการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการคิดเชิงมนทัศน์ให้กับนักเรียนมากยิ่งขึ้น และสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะครูขาดเทคนิคการสอนที่หลากหลายยังคงสอนด้วยวิธีการแบบเดิมๆ ที่ไม่สนใจให้เด็กรู้สึก อยากเรียน และเด็กเหมือนถูกกำหนดให้เรียน จึงไม่สามารถดึงศักยภาพของเด็กออกมาได้อย่างเต็มที่ หลักสูตรและชั่วโมงเรียนไม่มากพอที่จะจัดให้เด็กได้พัฒนาศักยภาพของตนได้ โดยส่วนใหญ่ ครูใช้วิธีการสอนบรรยายหน้าชั้นเรียนให้เด็กท่องจำความรู้ และบอกคำตอบโดยไม่ให้ เด็กได้ใช้ความคิดและแตกยอดการเรียนรู้ ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการสร้างคุณค่า ในเนื้อหาที่เรียน ซึ่งเนื่องมาจากครูขาดทักษะการกระตุ้นหรือการนำวิธีการต่างๆ เพื่อจุดประกายให้เด็กคิดค้นหาคำตอบ หรือเชื่อมโยงสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในห้องเรียนกับนอกห้องเรียนเพื่อต่อยอดให้เกิดการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ที่สำคัญคือขาดปฏิสัมพันธ์ในระหว่างการสอนของครูและเด็ก ขาดกิจกรรมที่让孩子มีส่วนร่วม ไม่มีปฏิสัมพันธ์ของการให้และการรับความรู้ความคิดระหว่างกัน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2558 หน้า 38) และอีกสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีระดับความสามารถในการคิดไม่ดีเท่าที่ควร เกิดจากการที่นักเรียนขาดมนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่เรียน เพราะมนทัศน์เป็นโครงสร้างทางสติปัญญาที่เป็นพื้นฐานของการคิดทุกประเภท หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ มนุษย์ไม่สามารถคิดได้ ถ้าไม่มีมนทัศน์เป็นพื้นฐาน (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2550, หน้า 302) ดังนั้น ครูจึงควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการคิดเชิงมนทัศน์ (conceptual thinking) ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการประสานข้อมูล

ทั้งหมดที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างไม่ขัดแย้ง เพื่อสร้างความคิดรวบยอด เกี่ยวกับเรื่องนั้น และใช้ตีความข้อมูลอื่นๆ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2549, หน้า 64)

ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ช่วยให้เราสามารถทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ๆ ได้อย่างถูกต้อง และช่วยให้เราค้นพบว่ามโนทัศน์ของสิ่งนั้นคืออะไร ช่วยขยายมโนทัศน์ในการมองโลกให้กว้างขวางมากขึ้น ส่งผลให้สามารถตีความและวินิจฉัยเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างชัดเจนและเข้าใจ สามารถตอบคำถามได้อย่างมีเหตุผล สามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง สามารถสร้างตัวแบบหรือกรอบทางความคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ ได้อย่างชัดเจน โดยสามารถจำแนกความสำคัญของการคิดเชิงมโนทัศน์ได้ คือ การคิดเชิงมโนทัศน์จะช่วยเพิ่มความเข้าใจในสิ่งต่างๆ และสามารถเชื่อมโยงความคิดกับประสบการณ์ใหม่ๆ ได้ เนื่องจากมีฐานองค์ความรู้รวบยอด และรู้ได้อย่างลึกซึ้ง การคิดเชิงมโนทัศน์ จะช่วยพัฒนาทักษะการหากฎเกณฑ์ การคิดเชิงมโนทัศน์ จะพัฒนาทักษะในการหาลักษณะสำคัญที่บ่งบอกความเป็นตัวตนของสิ่งนั้น และการคิดเชิงมโนทัศน์จะช่วยขยายประสบการณ์ของบุคคล ซึ่งวัตถุประสงค์ของการคิดเชิงมโนทัศน์ คือ เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มโนทัศน์ของเนื้อหาสาระต่างๆ อย่างเข้าใจ และสามารถให้คำนิยามของมโนทัศน์นั้นด้วยตนเอง เพื่อช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระ ข้อมูลต่างๆ อย่างมีความหมาย เพื่อช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมและสร้างความหมายความเข้าใจในเนื้อหาสาระหรือข้อมูลที่เรียนรู้และจัดระเบียบข้อมูลให้ง่ายแก่การจดจำ เพื่อช่วยให้นักเรียนจดจำเนื้อหาสาระที่เรียนรู้ได้ดีและได้นาน และเรียนรู้กลวิธีการจำ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้สาระอื่นๆ ได้อีก และเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาสาระต่างๆ ได้อย่างดี รวดเร็ว และสามารถจดจำสิ่งที่เรียนได้นาน (สุวิทย์ มูลคำ, 2547, หน้า 5)

การเรียนรู้โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้นักเรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สืบตรวจสอบ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่สิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวร อยู่ในความทรงจำระยะยาว ครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 174) และ ไอเซนคราฟ (Eisenkraft, 2003, อ้างอิงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 155-156) ได้เสนอรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น โดยมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง การสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ และการตรวจสอบความรู้ จะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะ

เรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และภพ เลหา ไพบูลย์ (2542, อ้างอิงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 155-156) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้คือ นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด ฝึกการกระทำ ทำให้เรียนรู้วิธีการ จัดการระบบความคิด และวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองทำให้ความรู้คงทน และถ่ายโยงการเรียนรู้ ได้ กล่าวคือ สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย นักเรียนเป็น ศูนย์กลางของการเรียนการสอน นักเรียนสามารถเรียนรู้ในมิติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

แผนผังมโนทัศน์ Concept Mapping (Novak, 1984, อ้างอิงใน วุฑฒา เล่าเรียนดี, 2553, หน้า 61) เป็นเทคนิคหนึ่งที่จะช่วยในการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งกว้างขวางมากขึ้น ช่วยในการจำ ช่วยให้เข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดโดยสร้างแผนผังเชื่อมโยง และการคิดที่ชัดเจน สามารถใช้ในการ เรียนรู้ทุกสาระวิชา ถ้าฝึกการใช้แผนผังมโนทัศน์อย่างสม่ำเสมอจะสามารถช่วยพัฒนาผลการ เรียนรู้ ผลการปฏิบัติงานได้ และสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น โดยมองเห็นความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของคำ ข้อความ สาระต่างๆ ได้ชัดเจน

จากการทบทวนเอกสาร ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาและแนวทางแก้ไข ปัญหาการเรียนการสอน จึงได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ และ เข้าใจ จนเกิดเป็นองค์ความรู้สามารถนำไปใช้ร่วมกับการดำรงชีวิตได้ในประจำวันได้

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

1. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 คือ สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาค มีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และสารที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในรายวิชา เคมี 1 (ว 30221) ตามหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) มีเนื้อหาเกี่ยวกับ พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ

2. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) โดยการเลือกแบบเจาะจง คือ จำนวน 37 คน

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี

ตัวแปรตาม

1. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในเรื่อง พันธะเคมี รายวิชา เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. ใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในหน่วยการเรียนรู้อื่น หรือรายวิชาอื่น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ หมายถึง รูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักศึกษาค้นคว้าแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นกิจกรรมของผู้เรียน ผู้เรียนได้ฝึกคิดปฏิบัติ และแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนคือ

1.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่า เด็กแต่ละคนมีพื้นความรู้เดิมเท่าไร จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่านักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหา นั้น ๆ

1.2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้แผนผังมโนทัศน์หลัก เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะกระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน โดยครูมีบทบาท เป็นผู้ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด และนำแผนผังมโนทัศน์หลักมาเป็นประเด็นชวนให้นักเรียนคิดและอภิปรายร่วมกัน ส่วนบทบาทของนักเรียนคือ แสดงความคิดเห็น นำเสนอประเด็นที่ต้องการจะอธิบาย

1.3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางควรสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

1.4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอ

ผลที่ได้ในรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ โดยบทบาทของครู คือส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด อธิบาย โดยทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ทำแผนผังมโนทัศน์ขึ้นมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และบทบาทของนักเรียนคือ อธิบายนำเสนอแผนผังมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นหน้าชั้นเรียน

1.5 ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และนักเรียนร่วมกันช่วยอภิปรายเพิ่มเติม มโนทัศน์ที่ผ่านการค้นคว้ามาแล้วให้สมบูรณ์มากขึ้น โดยบทบาทของครู คือ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจ และจัดกิจกรรมเพิ่มโดยให้นักเรียนทุกคนในห้องช่วยกันสร้างแผนผังมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และบทบาทของนักเรียนคือ เป็นผู้ตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของตนเอง ด้วยการช่วยกันอภิปรายนำเสนอข้อมูลที่ตนเองเข้าใจไปช่วยกันสร้างมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ครบถ้วน

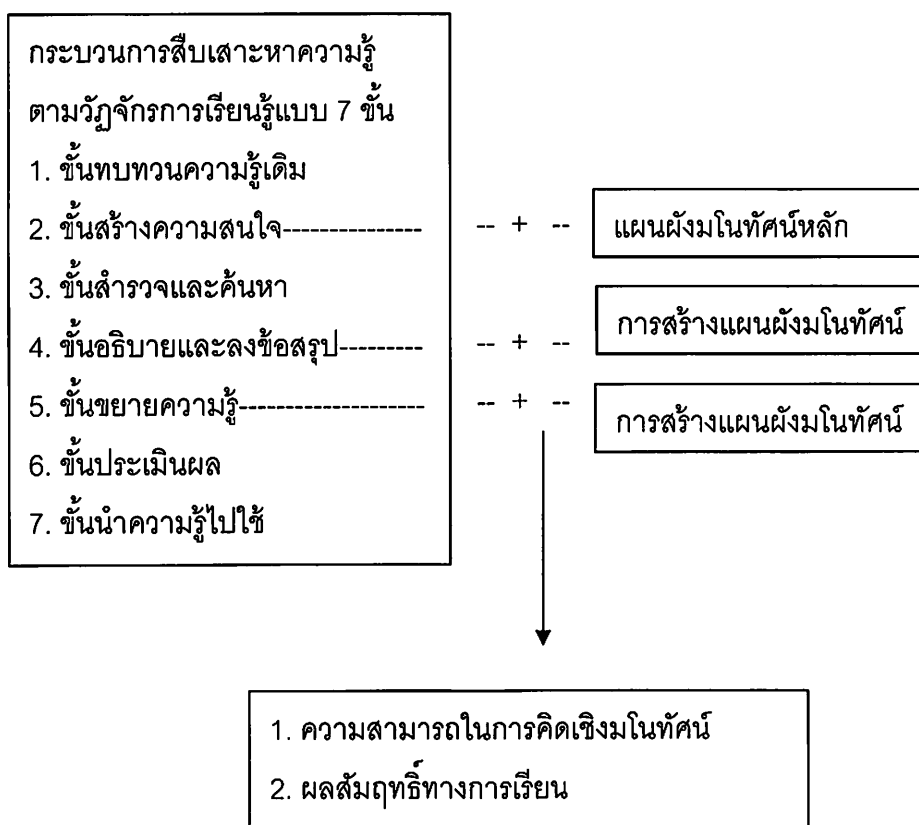
1.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ

1.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้เป็นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ที่เรียกว่า "การถ่ายโอนการเรียนรู้"

2. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ หมายถึง ความสามารถทางสมองในการประสานความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างชัดเจน โดยมีการจัดระบบ จัดลำดับความสำคัญของข้อมูล เพื่อสร้างความคิดรวบยอดเป็นข้อสรุป ของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น ได้อย่างมีเหตุมีผล ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Ruiz-primo

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ค้นคว้า และสร้างขึ้น มาเพื่อวัดจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของนักเรียนในด้านพุทธิพิสัยของ บลุ่ม 6 ระดับ ประกอบด้วย ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ที่ผ่านการหาคุณภาพ แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ ได้แก่ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีของ เบรนนัน และค่าความเที่ยง โดยใช้วิธีของ โลเวตต์

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยผลการใช้กระบวนการการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถการคิดเชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำเสนอรายละเอียดเป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.3 คำอธิบายรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 รหัสวิชา ว 30221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 60 ชั่วโมง/ภาคเรียน(3 ชั่วโมง/สัปดาห์) จำนวน 1.5 หน่วยกิต

1.4 โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 รหัสวิชา ว 30221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

2.1 ความหมายกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

2.2 ขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

2.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

3. แผนผังมโนทัศน์

3.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์

3.2 แนวคิดทฤษฎีแผนผังมโนทัศน์

3.3 ประเภทของแผนผังมโนทัศน์

3.4 การสร้างแผนผังมโนทัศน์

3.5 ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์

4. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

4.1 ความหมายของการคิดเชิงมโนทัศน์

4.2 ทฤษฎี หลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงมโนทัศน์

4.3 ลักษณะขององค์ประกอบการคิดเชิงมโนทัศน์

4.4 การวัดการประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.3 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 14) ได้กล่าวไว้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 : เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 : เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 : เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศและโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่

เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น
อย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับ
โครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์
สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร
การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์
สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 : แรงแและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 : เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงแม่ถ่วงและแรง
นิวเคลียร์มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่าง
ถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 : เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมี
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 : พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 : เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยน
รูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมี
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 : เข้าใจกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก
ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐาน
ของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไป
ใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 : เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะและกาแล็คซี่ ปฏิสัมพันธ์ภายใน
ระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสาร
สิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 : เข้าใจความสำคัญเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจ
อวกาศและทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหาว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

1.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ประกอบด้วยมาตรฐาน ว 3.1 และ ว 3.2 สำหรับมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง พันธะเคมี คือมาตรฐานที่ ว 3.1 จึงได้อธิบายถึงตัวชี้วัดช่วงชั้นและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัด และสาระแกนกลางฯ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอม และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ	- นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลจากการศึกษาโครงสร้างอะตอมสร้างแบบจำลองอะตอมแบบต่างๆ ที่มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง - อะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญ 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน จำนวนโปรตอนในนิวเคลียสเรียกว่าเลขอะตอม ผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอนเรียกว่าเลขมวล ตัวเลขทั้งสองนี้จะปรากฏอยู่ในสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของไอโซโทปต่างๆ ของธาตุ
2. วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุ และการเกิดปฏิกิริยา	- อิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุจะจัดเรียงอยู่ในระดับพลังงานต่างๆ และในแต่ละระดับพลังงานจะมีจำนวนอิเล็กตรอนเป็นค่าเฉพาะ - อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดจะแสดงสมบัติบางประการของธาตุ เช่น ความเป็น โลหะ อโลหะ และเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาของธาตุนั้น

ตาราง 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัดช่วงชั้น	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
3. อธิบายการจัดเรียงธาตุและทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ	- ตารางธาตุปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและอาศัยสมบัติที่คล้ายกันทำให้สามารถทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุได้
4. วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและโมเลกุลของสาร	- แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนหรืออะตอมของธาตุให้อยู่รวมกันเป็นโครงผลึก หรือโมเลกุล เรียกว่า พันธะเคมี - พันธะเคมีแบ่งออกเป็น พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ
5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร	- จุดเดือด จุดหลอมเหลวและสถานะของสาร มีความเกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนั้น สารที่อนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวหรือพันธะเคมีที่แข็งแรง จะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง สารในสถานะของแข็ง อนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงที่แข็งแรงกว่าสารในสถานะของเหลว และแก๊สตามลำดับ

ที่มา : หลักสูตรสถานศึกษาพ.ศ. 2559 (โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์

(วังชมภู วิทยาคม), 2559, หน้า 11-12)

1.3 คำอธิบายรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 รหัสวิชา ว 30221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 60 ชั่วโมง/ภาคเรียน (3 ชั่วโมง/สัปดาห์) จำนวน 1.5 หน่วยกิต

มีรายละเอียด ดังนี้ (โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภู วิทยาคม), 2559, หน้า 39)

ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และแบบกลุ่มหมอก เขียนและแปลความหมายสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ศึกษาอนุภาคมูลฐานของอะตอมเลขอะตอม เลขมวล ไอโซโทป ศึกษา ทดลองเกี่ยวกับสีของเปลวไฟจากสารประกอบ และเส้นสเปกตรัมของธาตุบางชนิด ศึกษาและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ศึกษาความหมายของระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ออร์บิทัล เวเลนซ์อิเล็กตรอน ศึกษาวิเคราะห์การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุของนักวิทยาศาสตร์ แนวโน้มสมบัติบางประการของธาตุในตารางธาตุ

ตามหมู่และตามคาบ ศึกษาคำนวณและเปรียบเทียบเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบและไฮดรอกไซด์ ศึกษาวิเคราะห์แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหรือพันธะเคมีของสาร กฏออกเตต การเกิดพันธะและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ สูตรการเรียกชื่อ และโครงสร้างสารประกอบโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ การคำนวณหาพลังงานพันธะ และพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ รูปร่างของโมเลกุลและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สารโคจรผลึกว่างตาข่าย สมบัติบางประการของสารโคเวเลนต์ การเกิดพันธะไฮดรอกซิล โครงสร้างของสารประกอบไฮดรอกซิล สูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไฮดรอกซิล ศึกษาการเปลี่ยนแปลง พลังงานในการเกิดสารประกอบไฮดรอกซิล ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบไฮดรอกซิล ปฏิกิริยาของสารประกอบไฮดรอกซิล ศึกษาเกี่ยวกับพันธะโลหะ ศึกษาวิเคราะห์ เปรียบเทียบสมบัติของสารประกอบของธาตุตามหมู่และตามคาบเกี่ยวกับจุดหลอมเหลว จุดเดือด ความเป็นกรด-เบสของสารประกอบคลอไรด์และออกไซด์ การละลายน้ำและเลขออกซิเดชัน ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับปฏิกิริยาของธาตุ และการละลายน้ำของสารประกอบบางชนิดของธาตุหมู่ IA และ IIA ศึกษาตำแหน่งของธาตุไฮโดรเจนในตารางธาตุ ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของธาตุแทรนซิชันและฝึกคำนวณหาเลขออกซิเดชัน ทดลองเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของสารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน ศึกษาสมบัติของธาตุกึ่งโลหะธาตุกัมมันตรังสี การเกิดกัมมันตภาพรังสี การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ศึกษาและคำนวณครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี ศึกษาปฏิกิริยานิวเคลียร์ การตรวจสอบสารกัมมันตรังสีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกัมมันตรังสี ธาตุและสารประกอบบางชนิดในสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของธาตุและสารประกอบ และพันธะเคมี

โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ แก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

1.4 โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 รหัสวิชา ว 30221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) ได้จัดโครงสร้างรายวิชาเคมี 1 ออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ มีรายละเอียด ดังในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	พันธะโคเวเลนต์ 1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 3. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 4. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ 5. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ 6. แนวคิดกับเรโซแนนซ์ 7. รูปร่างโมเลกุล 8. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 9. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 10. สารโคเวเลนต์โครงสร้างผลึกตาข่าย	10
2	พันธะไอออนิก 1. การเกิดพันธะไอออนิก 2. โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก 3. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 4. พลังงานกับสารประกอบไอออนิก 5. สมบัติของสารประกอบไอออนิก 6. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	6
3	พันธะโลหะ 1. สมบัติของโลหะ	2
	รวม	18

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

นักวิชาการ นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้หลายแนวคิด ดังนี้

2.1 ความหมายกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531, หน้า 503) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้ ในสิ่งที่ผู้เรียนยังไม่เคยมีความรู้นั้นมาก่อน จนสามารถออกแบบการทดลองและตรวจสอบสมมติฐาน

วาริรัตน์ แก้วอุไร (2543, หน้า 134) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้หมายถึง การสอนที่เน้นการใช้คำถามเป็นสื่อสำคัญในกระบวนการแสวงหาความรู้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนค้นหาความรู้หรือค้นพบความจริงด้วยตนเอง ดังนั้นจึงเป็นวิธีการสอนที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาวิชาและกระบวนการแสวงหาความรู้

วิณา ประชากุล และประสาท เนืองเฉลิม (2553, หน้า 228) ได้สรุปความหมายว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดด้วยตนเอง สามารถสรุปหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และนำไปประยุกต์ใช้ได้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, หน้า 136) กล่าวว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้ หรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการกฎเกณฑ์หรือวิธีการในการแก้ปัญหา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุม ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 133) ได้สรุปความหมายของการสืบสอบ (inquiry) ว่าหมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ แยกปัญหาออกเป็นส่วนๆ แล้วศึกษาอย่างเป็นระบบ มีวิธีการ และทำทีละขั้น

สำหรับความหมาย กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายสอดคล้องกัน กล่าวคือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ค้นหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเองโดยอาศัยกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ จนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และนำไปประยุกต์ใช้ได้

2.2 ขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

Barman (1992, unpagged อ้างอิงใน นันทา มีฤทธิ์, 2552, หน้า 17-20) ได้เสนอวิธีการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 4 ขั้นดังนี้

1. **ขั้นสำรวจ (Exploration)** เป็นขั้นที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญกระตุ้น ความคิดไม่สมดุความคิดของผู้เรียน และช่วยให้เกิดการปรับขยายความคิด ครูรับผิดชอบการให้นักเรียนได้รับคำแนะนำที่แจ่มแจ้งและวัสดุอุปกรณ์อย่างเพียงพอที่มีปฏิสัมพันธ์ในทางที่สัมพันธ์กับแนวคิดคำแนะนำที่แจ่มแจ้งของครูต้องไม่บอกนักเรียนว่าพวกเขาควรเรียนอะไร และต้องไม่อธิบายแนวคิดให้แนวทางและคำแนะนำเพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ นักเรียนรับผิดชอบต่อการสำรวจ วัสดุและเก็บรวบรวมและ/หรือบันทึกข้อมูลของตนเอง ครูอาศัยทักษะการถามเพื่อแนวทางการเรียนรู้เด็กต้องมีวัสดุอุปกรณ์การเรียน และประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมด้วย ถ้าครูจะให้เด็กสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์สำหรับตนเองให้ใช้คำถามแนะนำเพื่อช่วยเริ่มกระบวนการวางแผนและคำถาม ต้องนำตรงไปสู่กิจกรรมของเด็กเสนอแนะประเภทของบันทึกที่เด็กจะทำ และต้องไม่บอกหรืออธิบายแนวคิด อาจกล่าวถึงการสอนอย่างย่อๆ ได้ บางทีอาจจะเป็นในรูปจุดประสงค์ของการสอน

2. **ขั้นอธิบายและลงข้อมูล (Explanation)** เป็นระยะที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญน้อยลงและหาทางอำนวยความสะดวกทางจิตใจให้แก่ผู้เรียน จุดมุ่งหมายของระยะนี้คือครูและนักเรียนร่วมมือกันสร้างแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน ครูเลือกและจัดสภาพแวดล้อมของชั้นเรียนที่พึงประสงค์ในระยะนี้จะช่วยนำไปสู่การปรับขยายโครงสร้างความคิด ดังที่ทฤษฎีของเพียร์เจต์อธิบายไว้ นักเรียนต้องมุ่งเน้นข้อค้นพบเบื้องต้นจากการสำรวจของนักเรียน ครูต้องนำภาษา หรือรูปแบบแนวคิดเพื่อช่วยในการปรับขยายโครงสร้างความคิด ครูแนะนำนักเรียนจนตั้งคำอธิบายของตนเองเกี่ยวกับแนวคิด ครูสามารถจะแนะนำนักเรียนและงดการบอกนักเรียนในสิ่งที่นักเรียนควรจะค้นพบแล้ว ถึงแม้ว่าความเข้าใจของนักเรียน ไม่สมบูรณ์และสามารถช่วยนักเรียนให้ใช้ข้อมูลของตนสร้างแนวคิดที่ถูกต้องได้ ซึ่งจะนำนักเรียนไปสู่ระยะต่อไปโดยอัตโนมัติ คือ ระยะการขยายความคิด

3. **ขั้นขยายความคิด (Expansion)** เป็นระยะที่ควรยึดนักเรียนเป็นสำคัญให้มากที่สุด และเป็นระยะที่ช่วยกระตุ้นความร่วมมือภายในกลุ่ม ความมุ่งหมายของระยะนี้เพื่อช่วยผู้เรียนให้สามารถจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดที่นักเรียนได้มาจากการค้นพบ เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมที่คล้ายคลึงกัน และเพื่อให้ค้นพบการประยุกต์ใช้สิ่งใหม่สำหรับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วแนวคิดที่สร้างขึ้นและต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน ซึ่งครูต้องให้เด็กใช้ภาษา หรือฉลาก หรือฉายาต่างๆ ของแนวคิดใหม่เพื่อพวกเขาจะได้เพิ่มความเข้าใจ ตรงนี้เองที่จะช่วยให้นักเรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการขยายตัวอย่างหรือโดยการจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาตัวเองของนักเรียน ความสัมพันธ์ภายในระหว่างวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม ความเติบโตทางวิชาการและการตระหนักรู้ด้านอาชีพ ระยะการขยายนี้สามารถนำไปสู่ระยะการสำรวจบทเรียนต่อไปโดยอัตโนมัติ ดังนั้นวงจรต่อเนื่องสำหรับการ

สอนและการเรียนจึงถูกสร้างขึ้นในระบายนี ครูช่วยนักเรียนให้จัดระเบียบการคิดของตนโดยการเชื่อมโยงสิ่งเรียนรู้นั้นเข้ากับความคิดหรือประสบการณ์อื่น ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับแนวคิดที่สร้างขึ้นในระบายนี จะเพิ่มความลุ่มลึกสำหรับความหมายของแนวคิดและเพื่อขยายขอบเขตความต้องการของนักเรียน

3. ชั้นประเมิน (Evaluation) ความมุ่งหมายของระบายนีเพื่อเป็นการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู้ การเรียนรู้มักจะเกิดขึ้นในสัดส่วนการเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่าการยกระดับทางความคิดที่มีการหยั่งรู้จริงที่เป็นไปได้ ดังนั้น การประเมินผลควรต่อเนื่อง ซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียนหรือวิธีการของหน่วยการเรียนรู้ การวัดหลายชนิดมีความจำเป็นต่อการจัดทำผลการประเมินโดยรวม การประเมินผลรวมแต่ละระยะของวัฏจักรการเรียนรู้ไม่ใช่เฉพาะการจัดทำตอนสุดท้าย

ปี ค.ศ. 1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ได้ปรับขยายรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 5 ชั้น หรือเรียกว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอน 5 ชั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, หน้า 98-99) ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้เป็นการแนะนำบทเรียนไปด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรม กิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมาย

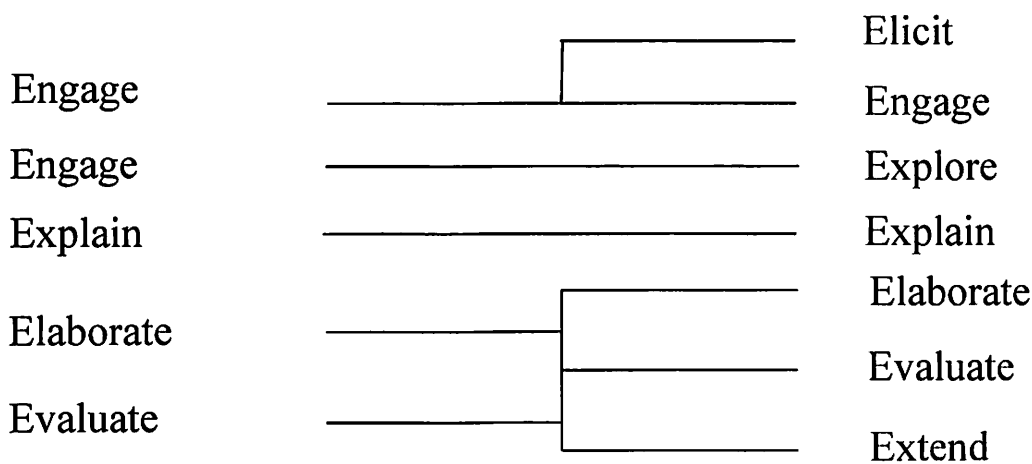
2. การสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้ว มาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเองโดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้มีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวความคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและการนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อมูลสรุป (Elaboration) ขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อลงข้อสรุปเกิดเป็นแนวความคิดหลักขึ้น นักเรียนจะปรับแนวความคิดหลักของตัวเองในกรณีที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. การประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินผล ด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้ในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่จะได้จะนำมาใช้เป็นพื้นฐาน ในการศึกษาคั้งต่อไปทั้งนี้ภาพรวมการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

ค.ศ. 2003 Eisenkraft (2003, p. 57-59) ได้เสนอรูปแบบการสอนโดยใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น โดยได้ทำการแยกขั้นนำเข้าสู่บทเรียนออกเป็นสองส่วน คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) และขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) และในขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินผล ได้ทำการขยายออกเป็น 3 ส่วน คือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) โดยสามารถสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นได้แสดงดังภาพที่ 2



ภาพ 2 แสดงการปรับขยายรูปแบบการสอนโดยใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5E เป็น 7E ที่มา: Expanding the 5E Model (Arthur Eisenkraft, 2003, p.57)

ดังนั้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น จึงเป็นการสอนที่เน้นการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็กนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ เพราะการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กนักเรียนจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรเพื่อจัดลำดับความสำคัญที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และขั้นนำความรู้ไปใช้ เกิดการถ่านโอนความรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ จากสิ่งที่ได้เรียนมาในชีวิตประจำวันได้

ขั้นตอนของการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ตามแนวคิดของ Eisenkraft (2003, pp. 57-59 อ้างอิงในประสาท เนืองเฉลิม, 2550, หน้า 45 - 48) มีเนื้อหาสาระ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่านักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไร จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่านักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนเนื้อหานั้นๆ

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม ชักถาม หรือมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา ดำเนินการตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจตรวจสอบทำได้หลายวิธี ได้แก่ การทดลอง กิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลอง รูปภาพ ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวความคิดที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนั้นจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้”

จากการค้นคว้าเอกสาร จึงทำให้สรุปขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ขั้น

สร้าง ความสนใจ (Engagement Phase) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation Phase) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

2.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ครูควรจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของผู้เรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับบทบาทครูและบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สรุปได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงบทบาทของครูผู้สอน และบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ตรวจสอบความรู้เดิม (elicit)	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถาม/กำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้ประสบการณ์เดิมนักเรียน - เติมเต็มประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามตามความเข้าใจตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - อภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน
2. ได้รับความสนใจ (engage)	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจตั้งคำถามที่ยังไม่ชัดเจนนัก มาคิดและอภิปรายร่วมกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระจายอยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็นและนำเสนอความคิด - นำเสนอประเด็น/สถานการณ์ที่สนใจอภิปรายประเด็นที่ต้องการทราบ

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3. สำรวจค้นหา (explore)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน ในการสำรวจตรวจสอบ - ชักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่ การสำรวจค้นหา สังเกตและรับฟัง ความคิดเห็นของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะคำปรึกษาแก่นักเรียน - ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ชี้แนะทางนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 	<ul style="list-style-type: none"> - คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้ - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ - เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์
4. อธิบายและ ลงข้อสรุป (explain)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลอย่างเหมาะสม - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด 	<ul style="list-style-type: none"> - อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - รับฟังคำอธิบายของคนอื่น - อย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์ วิจัยกรณีในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ - ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย

ตาราง 3 (ต่อ)

ชั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลอย่างเหมาะสม - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด 	<ul style="list-style-type: none"> - อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - รับฟังคำอธิบายของคนอื่น - อย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์ วิจัยกรณีในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ - ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย
5. ขยายความรู้ (elaborate)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ตามบริบท - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลาย 	<ul style="list-style-type: none"> - นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามความมุ่งหมายของการทดลอง - บันทึกการสังเกตข้ออธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อนๆ

ตาราง 6 (ต่อ)

วิธีประเมินการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
6. ประเมินผล (evaluate)	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอด และทักษะใหม่ไปปรับใช้ - ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่มตามคำถามปลายเปิดใน 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองจากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสำรวจตรวจสอบต่อไป
7. นำความรู้ไปใช้ (extend)	<ul style="list-style-type: none"> - สถานการณ์ที่กำหนดได้กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะนำแนวทางในการนำความรู้เดิมไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ 	<ul style="list-style-type: none"> - นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

ที่มา : ไอเซนคร์ราฟ (Eisenkraft, 2003 อ้างอิงใน ประสาท เนืองเฉลิม, 2550, หน้า 103)

สรุป จากรูปแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น จะเห็นได้ว่า เป็นกระบวนการสอนที่เน้น การตรวจสอบความรู้เดิมของเด็กนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลย

ไม่ได้ เพราะการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กนักเรียนจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรเพื่อจัดลำดับความสำคัญที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และชั้นนำความรู้ไปใช้ เกิดการถ่ายโอนความรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ จากสิ่งที่ได้เรียนมาในชีวิตประจำวันได้

3. แผนผังมโนทัศน์

3.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์

จากการศึกษาพบว่ามีนักศึกษามากกว่าหนึ่งท่าน ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ และให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

โนแวกและโกวิน (Novak and Gowin, 1984 อ้างอิงใน จารุวรรณ โปธิทองธรรม, 2541, หน้า 10) กล่าวถึงแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นสิ่งที่ใช้แทนความสัมพันธ์อย่างมีความหมายระหว่างมโนทัศน์ในรูปประพจน์

มันส์ บุญประกอบ (2533, หน้า 26) ได้กล่าวถึงแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่า แผนผังมโนทัศน์มีลักษณะเป็นแผนภูมิอย่างหนึ่งซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยเส้น และคำเชื่อมโยงที่เหมาะสม ทำให้สามารถอ่านความสัมพันธ์จากแผนภูมินั้นเป็นประโยคหรือข้อความที่มี ความหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 40) ได้กล่าวถึงแผนผังมโนทัศน์ว่า โครงสร้างผังมโนทัศน์เป็นการรวบรวมความรู้ต่างๆ มาจัดการอย่างมีระบบโดยนำความรู้มากำหนดเป็นมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อย แล้วนำมโนทัศน์เหล่านั้นมาเชื่อมโยงกันอย่างมีความหมาย

จากความหมายของแผนผังมโนทัศน์ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำแสดงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย คำเชื่อมมโนทัศน์อย่างมีลำดับชั้น มีเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ และตัวอย่างมโนทัศน์ ทำให้สามารถอ่านความสัมพันธ์นั้นเป็นประโยคหรือข้อความที่มีความหมาย แสดงการถ่ายทอดความคิด ความเข้าใจของผู้สร้างออกมาอย่างเป็นระบบ

3.2 แนวคิดทฤษฎีแผนผังมโนทัศน์

ก้าพล ดำรงวงศ์ (2540, หน้า 65 – 66) กล่าวว่าแผนผังมโนทัศน์มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสเชเบล ซึ่งมีแนวคิดว่าคุณครูควรจะสอนสิ่งที่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ ความรู้เดิมนี้อยู่ในโครงสร้างของความรู้ (cognitive structure) เป็นข้อมูลที่สะสมอยู่ในสมอง และมีการจัดระบบระเบียบไว้เป็นอย่างดีมีการเชื่อมโยงความรู้เดิม และความรู้ใหม่อย่างมีลำดับชั้น ดังนั้นการเรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดขึ้น เมื่อความรู้ใหม่ เชื่อมโยง

กับมโนทัศน์ที่อยู่ในโครงสร้างของความรู้เดิมที่มีอยู่ในสมองซึ่ง ออซูเบล เรียกว่ากระบวนการ ดูดซึม (subsumption) และเรียกมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงว่า ซับซุมเมอร์ (subsumer) แต่ถ้าไม่ได้นำความรู้ใหม่ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ จะเป็นการเรียนรู้แบบ ท่องจำ (rote learning) การสร้างแผนผังมโนทัศน์ซึ่ง ในแวด ได้พัฒนาขึ้นมาอันมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของ ออซูเบล 3 ประการ (สุนีย์ สอนตระกูล. 2539, หน้า 80)

1. โครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) เป็นโครงสร้างที่มีอยู่ในสมอง จะมีการจัดลำดับมโนทัศน์ ที่มีความหมายกว้างและทั่วไปสู่มโนทัศน์ที่แคบและมีความ เฉพาะเจาะจงมากขึ้น

2. กระบวนการจำแนกความแตกต่างแบบก้าวหน้า (progressive differentiation) จากหลักการเรียนรู้ที่มีความหมายของออซูเบล ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดขึ้นเมื่อมีการนำความรู้ใหม่ไปสัมพันธ์กับความรู้เดิม เกิดเป็นความสัมพันธ์ใหม่จึงทำให้เกิด การเรียนรู้อย่างไม่สิ้นสุด จะเป็นการขยายความรู้ให้กว้างขึ้นไปเรื่อยๆ จนกลายเป็นการแยกแยะความแตกต่างเชิงก้าวหน้าโดยจัดให้มีมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างอยู่ด้านบนของโครงสร้างความรู้เสียก่อนแล้วจึงจัดมโนทัศน์ที่มีความหมายเฉพาะเจาะจงอยู่ถัดลงมา จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้ที่มีความหมายและเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่เรียนได้ดีขึ้น

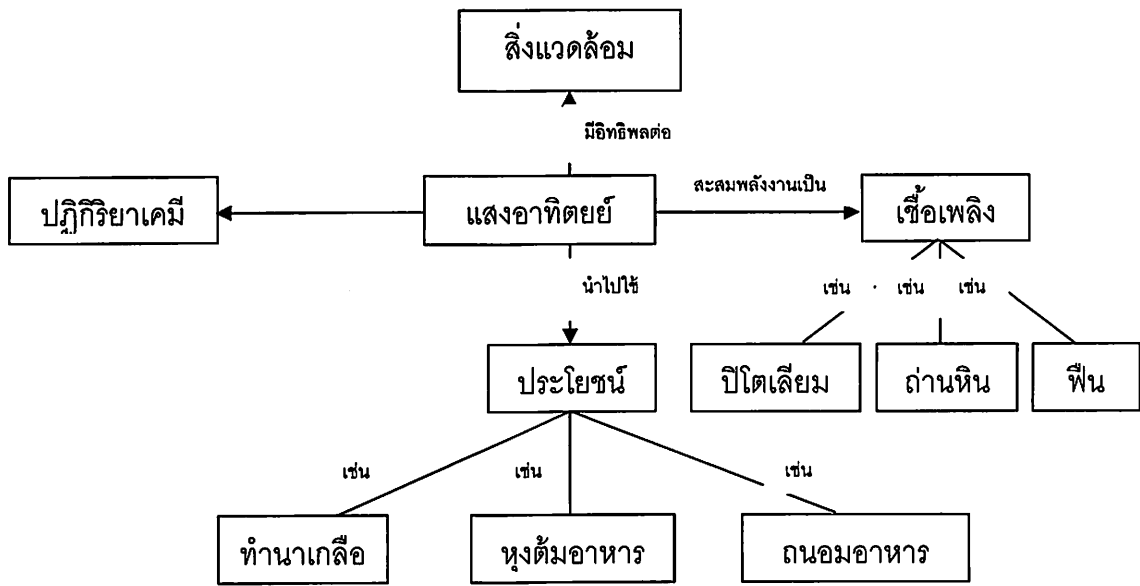
3. การประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ (integrative reconciliation) จากหลักการ เรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดขึ้นเมื่อมีการนำความรู้ใหม่ไปสัมพันธ์กับความรู้เดิม ดังนั้น ถ้าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ใหม่ให้เข้ากับมโนทัศน์เดิมแล้ว จะทำให้เกิดความสัมพันธ์ใหม่ และหากมีการเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ก็จะทำให้เกิดประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการของมโนทัศน์ ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายมากขึ้น

3.3 ประเภทของแผนผังมโนทัศน์

ประเภทของแผนผังมโนทัศน์ มีหลายรูปแบบ ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป นักการศึกษาได้จัดแบ่งประเภทของแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้เกณฑ์ต่างกันซึ่งมีลักษณะดังนี้

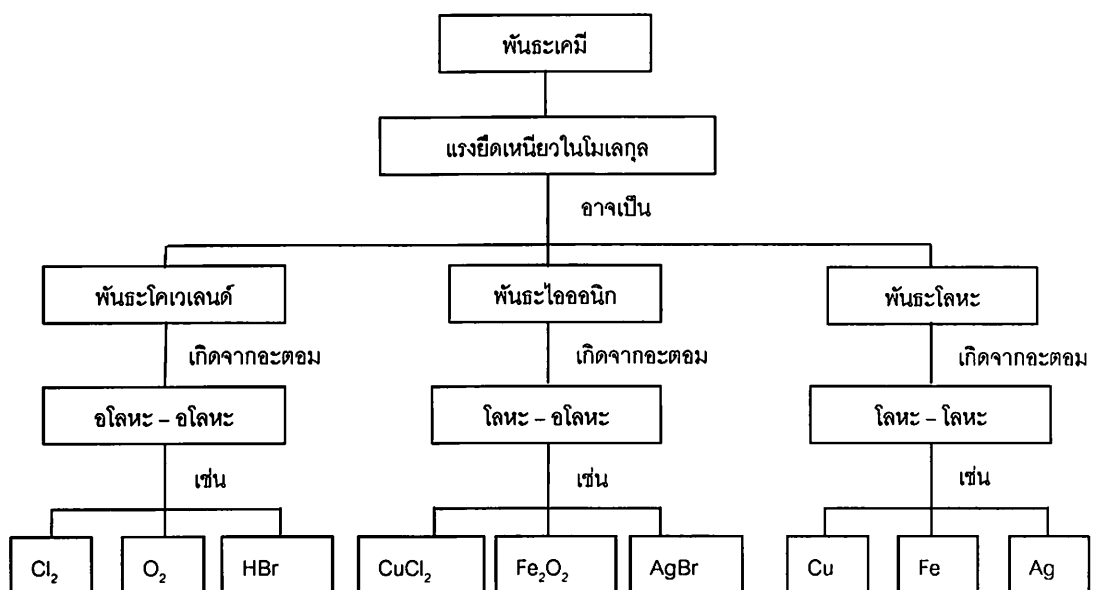
มานัส บุญประกอบ (2533 หน้า 27-29) ได้แบ่งแผนผังมโนทัศน์เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ชนิดกระจายออก (point grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากคำที่เป็น มโนทัศน์หลัก จะเชื่อมโยงกระจายออกไปทุกทิศทางเพื่อเชื่อมต่อกับมโนทัศน์ย่อยๆ ดังภาพที่ 3



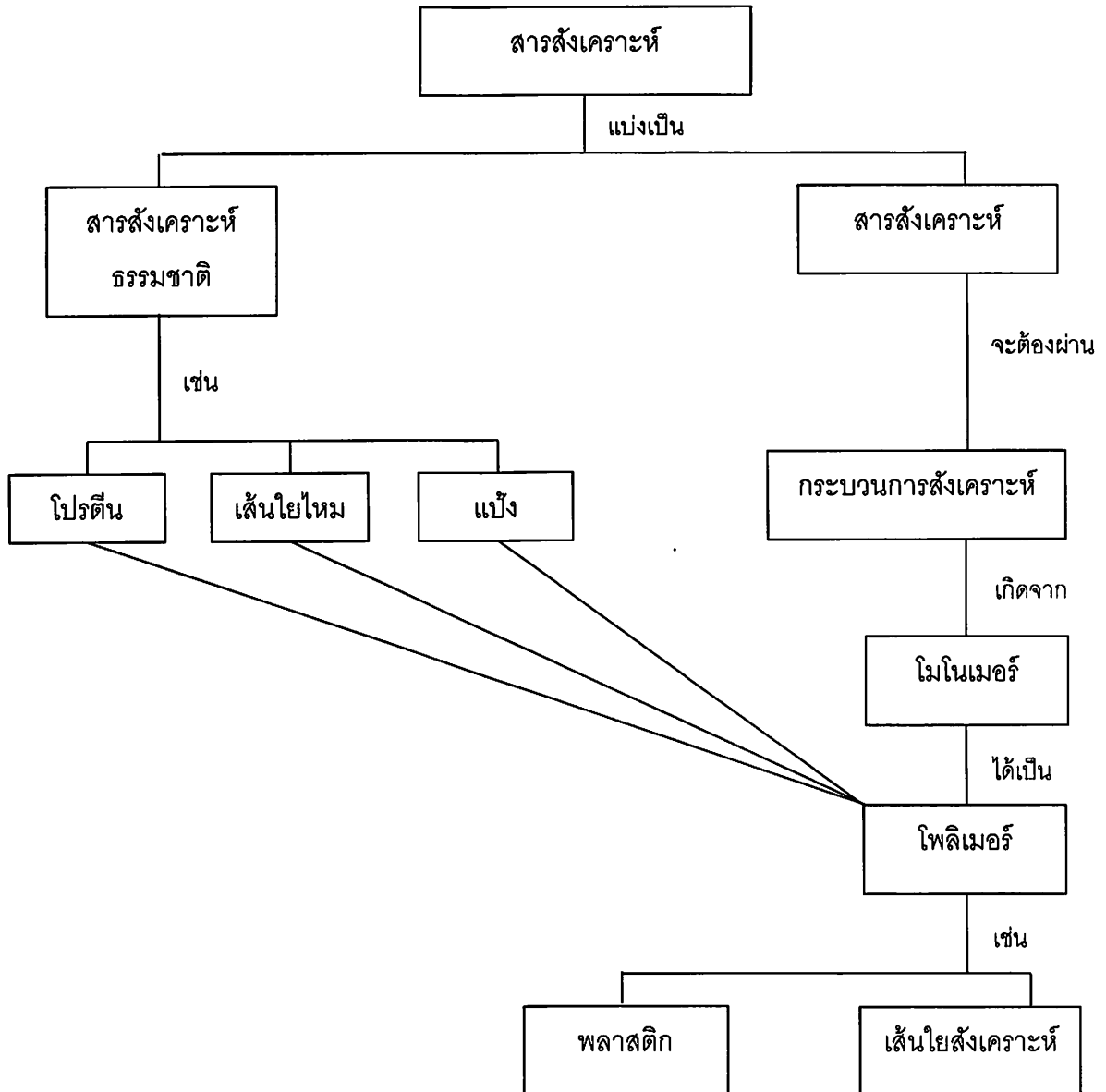
ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก
ที่มา : มนัส บุญประกอบ, 2533, หน้า 27

2. ชนิดปลายเปิด (opened grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่แสดงการ เชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำมโนทัศน์จากบนลงล่าง ลดหลั่นลงไปเรื่อย ๆ ตามลำดับของคำมโนทัศน์ ที่ผู้เขียนกำหนดไว้ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิด
ที่มา : มนัส บุญประกอบ, 2533, หน้า 28

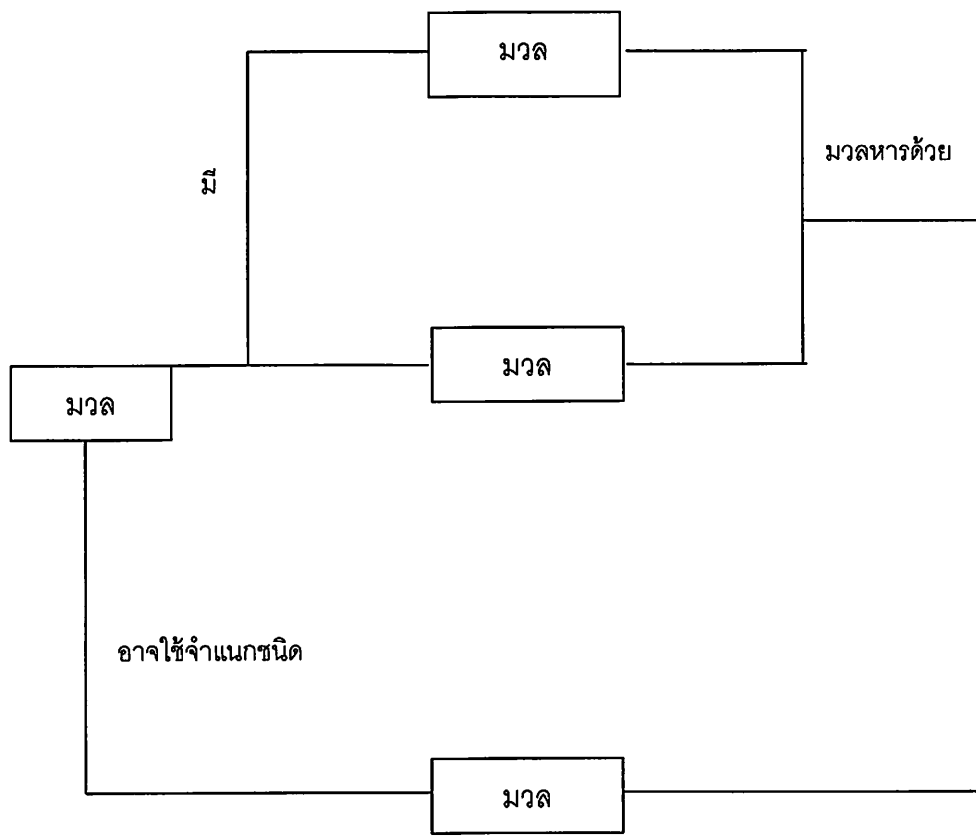
3. ชนิดเชื่อมโยง (linked grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่มีลักษณะคล้ายกับชนิดปลายเปิด แต่มีการเชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างคำมโนทัศน์ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง

ที่มา : มนัส บุญประกอบ, 2533, หน้า 28

4. ชนิดปลายปิดหรือปิดล้อมเป็นวง (closed grouping) แผนผังมโนทัศน์ชนิดนี้ค่อนข้างจะมีลักษณะจำกัดอยู่ในตัวเองค่อนข้างมาก เนื่องด้วยจะต้องเขียนให้คำมโนทัศน์มีการเชื่อมต่อกันเป็นวงปิด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายปิด

ที่มา : มนัส บุญประกอบ, 2533, หน้า 29

สรุปได้ว่า แผนผังมโนทัศน์มีหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป การใช้ขึ้นอยู่กับผู้เลือกว่าจะใช้ประเภทใดจะเหมาะสมกับเรื่องที่ตนเองสนใจ

3.4 การสร้างแผนผังมโนทัศน์

การสร้างแผนผังมโนทัศน์ จะช่วยให้ผู้สร้างเกิดความเข้าใจเรื่องที่สร้างได้ชัดเจน มองเห็นความสัมพันธ์ของมโนทัศน์หลักลงไปหาหมโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อยที่มีความหมาย แดบและเฉพาะเจาะจงมากขึ้น มีผู้กล่าวถึงการสร้างแผนผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้

โนแวก และอัลท์ (1985 อ้างอิงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558, หน้า 267-268) ได้กล่าวถึงการสร้าง แผนผังมโนทัศน์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยสรุปได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือก

การเลือกที่จะสร้างแผนผังมโนทัศน์อาจนำมาจากตำรา สมุดจดคำบรรยาย คำอธิบายก่อนการปฏิบัติการ เริ่มจากการอ่านข้อความนั้นอย่างน้อย 1 ครั้ง แล้วระบุมโนทัศน์

สำคัญโดยขีดเส้นใต้คำหรือประโยคที่สำคัญ ซึ่งอาจเป็นวัตถุหรือเหตุการณ์แล้วลอกมโนทัศน์เหล่านี้ลงในแผ่นกระดาษเล็กๆ เพื่อสะดวกในการจัดความสัมพันธ์

ขั้นที่ 2 จัดลำดับ

นำมโนทัศน์สำคัญที่ได้เขียนลงในแผ่นกระดาษเล็กๆ แล้วมาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างไปสู่มโนทัศน์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

ขั้นที่ 3 จัดกลุ่ม

นำมโนทัศน์มาจัดกลุ่มเข้าด้วยกันโดยมีเกณฑ์ 2 ข้อ คือ

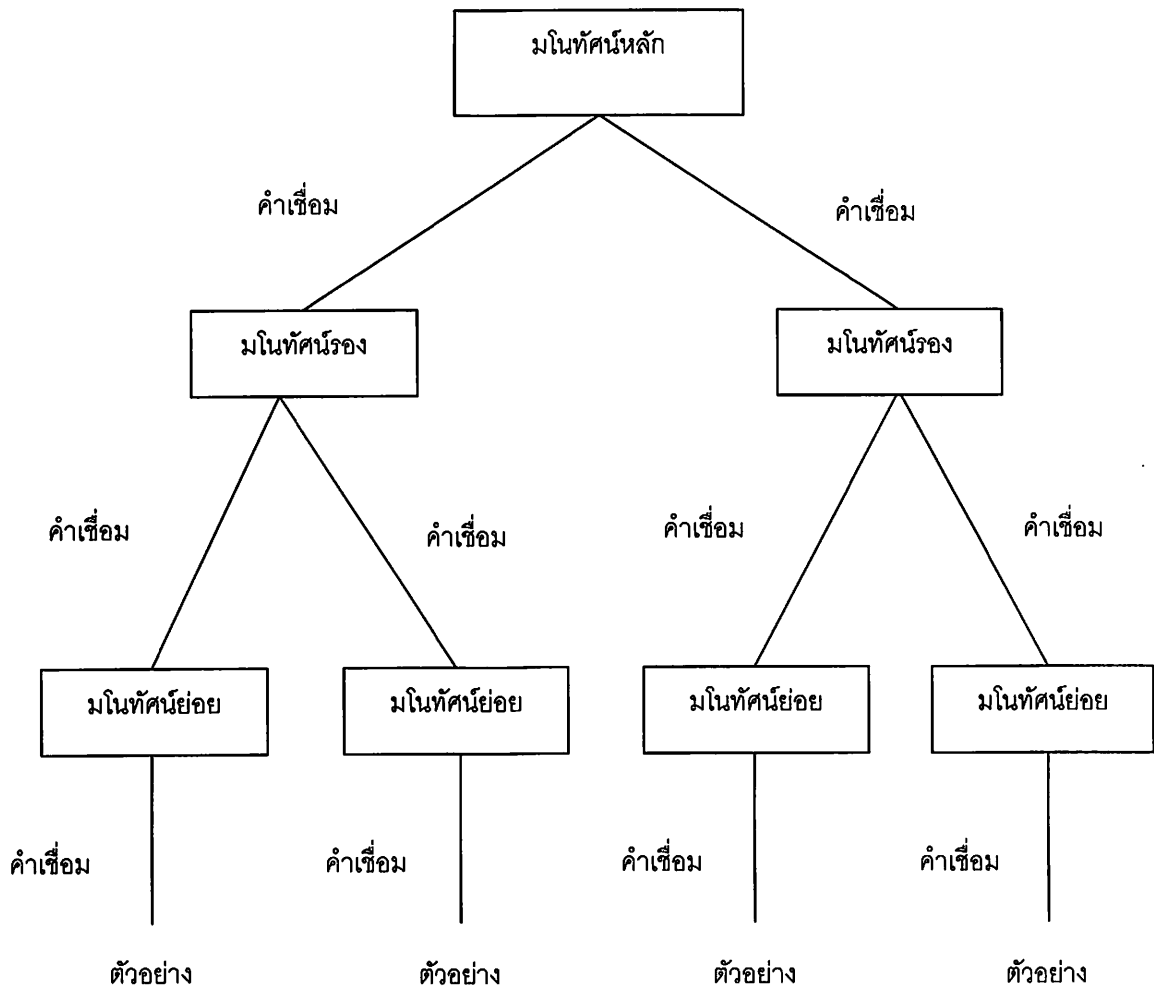
1. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน
2. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 4 จัดระบบ

เมื่อจัดกลุ่มมโนทัศน์แล้ว นำมโนทัศน์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดระบบ ตามลำดับความเกี่ยวข้อง ซึ่งในขั้นนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรืออาจหามโนทัศน์อื่นๆ มาเพิ่มเติมได้อีก

ขั้นที่ 5 เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กัน เมื่อจัดระบบมโนทัศน์ที่สำคัญแล้วนำมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกันโดยการลากเส้นเชื่อมโยง และมีคำเชื่อมระบุความสัมพันธ์ไว้ทุกเส้น หลังจากใส่คำเชื่อมแล้วจะสามารถอ่านได้เป็นประโยค เส้นที่เชื่อมโยงนี้อาจเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ในชุดเดียวกันหรือเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่ต่างกันได้

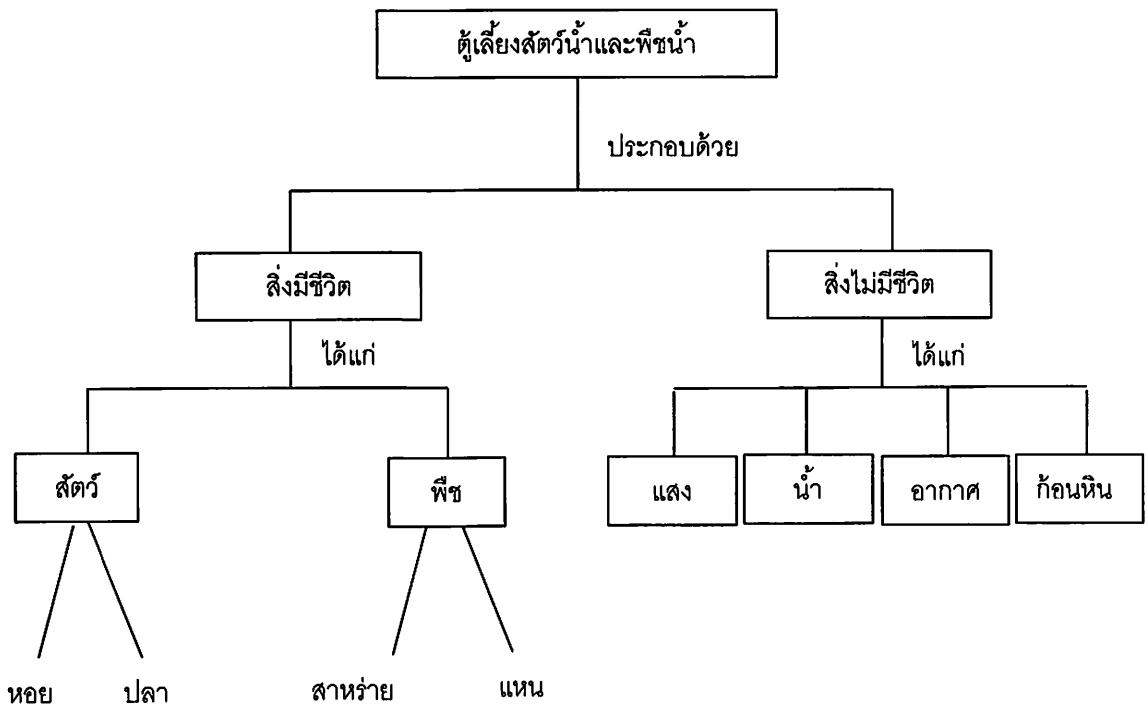
ลอบ อางนานนท์ (2542, หน้า 10) ได้กล่าวถึง การสร้างแผนผังมโนทัศน์ว่าแผนผังมโนทัศน์ที่ดีจะช่วยทำให้นักเรียนและผู้สอนเกิดความชัดเจนขึ้น ทำให้เห็นวิธีเชื่อมโยงความหมายของมโนทัศน์และทำให้นักเรียนสามารถสรุปสิ่งที่เรียนรู้ได้ แผนผังมโนทัศน์จะเรียงลำดับความซับซ้อนจากมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างและซับซ้อน จะอยู่ด้านบนและจะมีความหมาย เฉพาะเจาะจงมากขึ้นหรือซับซ้อนน้อยลงมาในด้านล่าง ซึ่งแสดง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการสร้างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่าย

ที่มา : ลออ อางนานนท์, 2542, หน้า 10

จากภาพที่ 7 เป็นการสร้างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่าย ที่แสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ต่างๆ ที่เรียงลำดับจากมโนทัศน์หลัก ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้าง ลงไปหามโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อยไปจนถึงมโนทัศน์เฉพาะ ซึ่งจะมีความหมายแคบที่สุด โดยมีคำเชื่อม ระหว่างมโนทัศน์ จะช่วยให้ผู้ที่อ่านแผนผังมโนทัศน์เกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้นแสดงได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่าย
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, หน้า 44

จากภาพที่ 8 คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์จะทำให้อ่านความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ตามแนวเส้นที่เชื่อมได้อย่างมีความหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 40-46) ได้นำเสนอ การสร้างแผนผังมโนทัศน์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหาหรือหัวข้อเรื่องที่ต้องการเรียนรู้ เพื่อสร้างเป็นมโนทัศน์หลัก รวบรวมมโนทัศน์ เพื่อนำมาเรียบเรียงจัดให้เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ

2. จัดลำดับมโนทัศน์ต่าง ๆ ให้สัมพันธ์กันอย่างเป็นขั้นตอน เริ่มจากมโนทัศน์หลัก ไปสู่มโนทัศน์รองและมโนทัศน์ย่อยหรือมโนทัศน์เฉพาะให้ลดหลั่นกันลงอย่างมีความหมาย

พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างประกอบในแต่ละมโนทัศน์ด้วย

3. แสดงความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยเส้นเชื่อม โดยมีคำที่บอกความสัมพันธ์กำกับไว้ด้วย การเชื่อมโยงมโนทัศน์อาจมีการเชื่อมโยงข้ามสายกันก็ได้

จากแนวทางการสร้างแผนผังมโนทัศน์สามารถสรุปขั้นตอนที่สำคัญและนำมาสอนให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ได้ ดังนี้

1. นักเรียนเขียนคำแสดงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย
2. นักเรียนเขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย
3. นักเรียนจัดลำดับชั้นของมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย
4. นักเรียนเขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย
5. นักเรียนเขียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย
6. นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้น

3.5 ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์

การนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ในการศึกษามีอย่างกว้างขวาง นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ประโยชน์ดังนี้

อัลท์ (Ault, 1982 หน้า 42, อ้างอิงใน สุณี๋ย สอนตระกูล, 2535, หน้า 83) กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

1. ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการเตรียมการสอน ซึ่งจะช่วยบูรณาการเนื้อหาวิชาต่างๆ เข้าด้วยกัน
2. ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการวางแผนประเมินหลักสูตร
3. ใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นแนวทางในการกำหนดประเด็น ที่จะอภิปรายจะทำให้ครอบคลุมประเด็นทั้งหมด
4. ใช้แผนผังมโนทัศน์ เป็นแนวทางในการปฏิบัติการทดลอง จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและการปฏิบัติการทดลอง ได้ตามวัตถุประสงค์
5. ใช้แผนผังมโนทัศน์ ในการจับใจความสำคัญจากตำราเรียนจะทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น
6. ใช้แผนผังมโนทัศน์ ในการตอบข้อสอบแทนการเขียนตอบ

โนแวก (Novak, 1984, หน้า 41 – 54 อ้างอิงใน สุณี๋ย สอนตระกูล, 2535, หน้า 83) ได้กล่าวประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ไว้ ดังต่อไปนี้

1. ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียน โดยใช้สำรวจความรู้ที่นักเรียนมีมาก่อนเพื่อนำมาใช้ในการเตรียมการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน
2. ใช้แผนผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ต่างๆ ที่อยู่ในความคิดของนักเรียน ซึ่งจะทำให้ทราบว่านักเรียนกำลังคิดอะไรและกำลังจะคิดทำอะไรเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ คล้ายกับการเดินทางโดยใช้แผนที่

3. ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการสรุปความหมายจากตำรา ซึ่งจะทำให้ ประหยัดเวลาในการอ่านครั้งต่อไปและไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการอ่าน

4. ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการสรุปความหมาย จากการทำปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการ หรือในการปฏิบัติการภาคสนาม แผนผังมโนทัศน์จะเป็นแนวทางให้นักเรียนว่าควรจะทำอะไรบ้างสังเกตสิ่งใดบ้างเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้

5. ใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือในการจัดบันทึกต่างๆ ในการวงกลมล้อมรอบมโนทัศน์หลักหรือข้อความสำคัญแล้วนำมาสร้างเป็นกรอบมโนทัศน์ จะทำให้จดจำได้ง่าย และกรอบมโนทัศน์จะทำให้จับใจความสำคัญได้ทั้งๆ ที่เป็นข้อความหรือเรื่องที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน

6. ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการวางแผนการเขียนรายงานหรือการบรรยาย

กำพล ดำรงวงศ์ (2540, หน้า 79) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ไว้สรุปได้ดังนี้

1. ก่อนดำเนินการเรียนการสอน ครูใช้แผนผังมโนทัศน์ในการวางแผนการสอน วิเคราะห์พื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน วางแผนการประเมินผลสำหรับ นักเรียนใช้แผนผังมโนทัศน์ช่วยค้นหาโครงสร้างความรู้ของตนเอง ช่วยกำหนดทิศทางไว้ล่วงหน้า

2. ระหว่างดำเนินการเรียนการสอน ครู ใช้แผนผังมโนทัศน์ ช่วยในการสอนทำให้การสอนเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ช่วยในการตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียนระหว่างเรียนของนักเรียนใช้แผนผังมโนทัศน์ในการสรุปผลการเรียน รายงานการปฏิบัติงานใช้ในการประเมินและปรับปรุงตัวเอง

3. หลังจากดำเนินการเรียนการสอน ครู ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการประเมินผลการเรียน ของนักเรียน ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการสรุปผลการเรียน รายงานผลการปฏิบัติงานใช้ในการประเมินผลและ ปรับปรุงตนเอง

สมาน ลอยฟ้า (2542, หน้า 5) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

1. แผนผังมโนทัศน์ ช่วยทำให้โครงสร้างของการจัดบันทึกในรูปแบบเดิมเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโครงสร้างแบบ 2 มิติ

2. แผนผังมโนทัศน์ที่ดีจะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของเนื้อหาของเรื่องนั้นๆ โดยแสดงให้เห็นถึงข้อมูลและแนวคิดที่มีความสัมพันธ์กันในรูปของกราฟิก

3. การบันทึกด้วยรูปแบบนี้มีความกระชับ และกะทัดรัดกว่าการบันทึกในรูปแบบเดิม ผู้เรียนจะเห็นข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนั้นทั้งหมดบนกระดาษแผ่นเดียว เพราะปกติจะใช้ กระดาษเพียงหน้าเดียวต่อการบันทึกหนึ่งเรื่อง

4. เป็นการบันทึกในรูปของการบูรณาการและข้อมูลไม่กระจัดกระจาย

5. เป็นการนำเสนอข้อมูล และโครงสร้างของเนื้อหาเรื่องนั้นๆ ให้เห็นได้ในภาพรวมทั้งหมด ซึ่งนอกจากจะช่วยในการพัฒนาความเข้าใจในภาพรวมแล้ว ยังช่วยให้สามารถ คิดหรือมองปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างทะลุปรุโปร่ง

6. สามารถทบทวนเนื้อหาได้อย่างรวดเร็วและง่ายต่อการฟื้นความรู้ใหม่เนื่องจากใช้ถ้อยคำน้อยโดยเป็นการใช้คำหรือวลีแทนแนวคิด

7. ช่วยให้จดจำได้ง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากเป็นการบันทึกด้วยสัญลักษณ์เชิงรูปภาพ และมีรูปแบบที่แตกต่างกัน สำหรับผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับความจำการบันทึกด้วยรูปแบบนี้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านความจำด้วย เนื่องจากมีการเพิ่มเติม เส้น สี และสัญลักษณ์ที่มี ความหมายลงไปใน การเขียนแผนผังมโนทัศน์ด้วย

8. สามารถเพิ่มเติมข้อมูลใหม่ได้โดยไม่ต้องลบข้อมูลเดิมออก

9. การบันทึกด้วยรูปแบบนี้กล่าวกันว่า เกี่ยวข้องกับการใช้สติปัญญามากกว่าการจดบันทึกในรูปแบบเดิมในแง่ของกระบวนการรับรู้การจดจำ และการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงต่างๆ

จากการศึกษาประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ที่ใช้ในการเรียนการสอน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ใช้เป็นเครื่องมือในการเตรียมการสอนของครู โดยใช้สำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนแล้วนำไปวางแผนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนและใช้ในการจัดลำดับเนื้อหาสาระที่จะสอน

2. ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการให้นักเรียนสรุปบทเรียนหรือสิ่งที่เรียนหรือตอบข้อสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ เพื่อแสดงความเข้าใจในการเขียน ตอบ

3. ใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในการแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนอย่างมีระบบหรือนำ แผนผังมโนทัศน์มาใช้ในเรื่องวางแผนการนำเสนอและเขียนรายงาน

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสังเคราะห์กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ขึ้น มีขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่า เด็กแต่ละคนมีพื้นความรู้เดิมเท่าไร

จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่่านักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้แผนผังมโนทัศน์หลัก เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่ที่จะกระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด และนำแผนผังมโนทัศน์หลักมาเป็นประเด็นชวนให้นักเรียนคิดและอภิปรายร่วมกัน ส่วนบทบาทของนักเรียนคือ แสดงความคิดเห็น นำเสนอประเด็นที่ต้องการจะอธิบาย

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางควรสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ โดยบทบาทของครู คือ ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด อธิบาย โดยทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ทำแผนผังมโนทัศน์ขึ้นมา นำเสนอหน้าชั้นเรียน และบทบาทของนักเรียนคือ อธิบายนำเสนอแผนผังมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นหน้าชั้นเรียน

5. ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และนักเรียนร่วมกันช่วยอธิบายเพิ่มเติม มโนทัศน์ที่ผ่านการค้นคว้ามาแล้วให้สมบูรณ์มากขึ้น โดยบทบาทของครู คือ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจ และจัดกิจกรรมเพิ่มโดยให้นักเรียนทุกคนในห้องช่วยกันสร้างแผนผังมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และบทบาทของนักเรียนคือ เป็นผู้ตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของตนเอง ด้วยการช่วยกันอภิปรายนำเสนอข้อมูลที่ตนเองเข้าใจไปช่วยกันสร้างมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ครบถ้วน

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ

7. ขั้่นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้่นนี้เป็นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้”

4. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

4.1 ความหมายของการคิดเชิงมโนทัศน์

นักวิชาการ นักการศึกษาได้ให้ความหมายของ การคิดเชิงมโนทัศน์ ไว้ดังนี้

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า15) การคิดเชิงมโนทัศน์ หมายถึง ความสามารถทางสมองในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างชัดเจน โดยมีการจัดระบบ จัดลำดับความสำคัญของข้อมูล เพื่อสร้างความคิดรวบยอด ของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2549, หน้า 64) การคิดเชิงมโนทัศน์ (conceptual thinking) หมายถึง ความสามารถในการประสานข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องหนึ่งเรื่องใดได้อย่างไม่ขัดแย้ง เพื่อสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องนั้น

กฤษตรีย์ เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ (2550, หน้า 170) ความคิดรวบยอดหมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่เกี่ยวกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถทำให้บุคคลสรุปรวมลักษณะเหมือน หรือแยกแยะลักษณะต่างๆ ของคุณสมบัติของเหตุการณ์นั้นๆได้

จากที่นักวิชาการต่างๆ ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงมโนทัศน์ สามารถสรุปได้ว่าการคิดเชิงมโนทัศน์หมายถึง ความสามารถทางสมองในการประสานความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างชัดเจน โดยมีการจัดระบบ จัดลำดับความสำคัญของข้อมูล เพื่อสร้างความคิดรวบยอดเป็นข้อสรุปของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นได้อย่างมีเหตุมีผล

4.2 ทฤษฎี หลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงมโนทัศน์

Piaget (1960, อ้างอิงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2545, หน้า 48-59) เสนอทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลสรุปได้ดังนี้

มนุษย์ทุกคนเกิดมาด้วยความพร้อมที่จะปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยมีลักษณะที่ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด 2 ประการคือ

1. การจัดและการรวบรวม (organization) หมายถึงการจัดและรวบรวมกระบวนการต่างๆ ภายในเข้าอย่างเป็นระบบต่อเนื่อง มีความเป็นระเบียบและมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

2. การปรับตัว (adaptation) หมายถึงการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่ออยู่ในสภาพสมดุล ซึ่งการปรับตัวนี้อยู่ในกระบวนการ 2 กระบวนการ

2.1 การซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์ (assimilation) คือการที่มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมแล้วซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ ให้รวมเข้าอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure)

2.2 การปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (accommodation) คือการที่มนุษย์เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเขาวงกตปัญญาที่มีอยู่แล้วให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมหรือประสบการณ์ใหม่

Bruner (อ้างอิงใน พรรณี ชูทัย เจนจิต, 2550, หน้า 103-108) บรูเนอร์ได้เสนอว่าในการจัดการศึกษานั้น ควรที่จะคำนึงถึงทฤษฎีพัฒนาการว่าเป็นตัวเชื่อมระหว่าง ทฤษฎีความรู้ และทฤษฎีการสอน (A theory of development must be linked both to a theory of knowledge and to a theory of instruction) ซึ่งหมายความว่าทฤษฎีพัฒนาการจะเป็นตัวกำหนดเนื้อหา และวิธีการสอน ในการที่จะนำเนื้อหาใดมาสอน เราก็ปรับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกับความสามารถของเด็กที่จะเรียนหรือจะรับรู้ได้ โดยใช้วิธีที่เหมาะสมกับเด็กในวัยนั้น ดังนั้นเราก็สามารถสอนให้เด็กเกิดความพร้อมได้ โดยไม่ต้องรอ ดังที่บรูเนอร์ได้กล่าวไว้ว่า “เราจะสามารถสอนวิชาใดๆ ก็ได้โดยมีประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการที่เหมาะสมกับเด็กคนใดคนหนึ่งในระดับอายุใดก็ได้ บรูเนอร์เป็นผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน เพื่อจะพัฒนาสติปัญญา เด็กมากกว่าเป็ยเจท์ และเห็นว่าเราสามารถจัดการเรียนการสอนเนื้อหาวิชาใดๆ ให้กับเด็กในช่วงใดของชีวิตได้ ถ้ารู้จักการเลือกวิธีการที่เหมาะสม จากความเชื่อเช่นนี้ ทำให้เขาพยายามแสดงให้เห็นว่าเด็กเล็กๆ สามารถเรียนเนื้อหาวิชาต่างๆ โดยมีประสบการณ์ กับการสอนชนิด nonverbal โดยไม่ต้องใช้คำพูดอธิบาย ดังนั้นจึงได้สร้างชุดการเรียนที่เรียกว่า nonverbal instructional package ขึ้นสอน concept ต่างๆ ให้กับเด็กเล็กๆ

Ausubel and Robinson 1969 อ้างอิงใน (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558, หน้า 260-261) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย Meaningful learning theory กล่าวถึงการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยสรุปว่า ในสมองของมนุษย์มีการจัดความรู้ต่างๆ ที่เรียนรู้มีระบบในลักษณะที่เป็นโครงสร้างเรียกว่า โครงสร้างทางปัญญา ซึ่งมีการจัดลำดับความสัมพันธ์เชื่อมโยงจากมโนทัศน์ที่กว้างและครอบคลุมลงมาจนถึงมโนทัศน์ย่อยที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นการเรียนรู้ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ควรจะเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายที่ผู้เรียนสามารถนำการเรียนรู้ใหม่เข้าไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือมโนทัศน์ที่มีอยู่แล้ว โดยความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้ที่มีความหมายจะถูกเก็บไว้ในลักษณะใดลักษณะหนึ่งอันเป็นผลจากการดูดซึมกับความรู้เดิมที่มีอยู่ และจะช่วยขยาย

ความรู้เดิมหรือมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่แล้วทั้งนี้การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ ถ้าในการเรียนรู้สิ่งใหม่นั้นผู้เรียน มีพื้นฐานที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมได้ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ สิ่งใหม่นั้นมีความหมาย

ในส่วนของเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ Ausubel มองการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างที่ ประกอบด้วย การเพิ่มข้อมูลใหม่ ให้เชื่อมโยงเข้ากับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งการเรียนรู้ที่มีความหมาย นี้เกิดขึ้นทั้งในขั้นตอนการได้มาซึ่งความรู้ และขั้นตอนการเก็บจำ โดยปราศจากความเข้าใจอย่างมีความหมาย เมื่อต้องระลึกหรือเรียกข้อมูลก็จะพบว่าความจำนั้นลดน้อยลง ความจำอย่างมีความหมายจะมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ในอนาคต หรือเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์การแก้ปัญหา และยังอธิบายว่าผู้เรียนเรียนรู้ข้อมูลด้วยการรับ reception

จอยส์และวีล (Joyce & Weil, 1996 p 161-178 อ้างอิงใน ทิศนา แคมมณี, 2548, หน้า 9) พัฒนารูปแบบนี้ขึ้นโดยใช้แนวคิดของบรูเนอร์ กู๊ดนาว และฮอสติน เกี่ยวกับการเรียนรู้มโนทัศน์ ที่ว่า "Concept attainment is the search for a listing of attributes that can be used to distinguish exemplars from nonexemplars of various categories" (Bruner et al., 1967 p 233) ซึ่งหมายความว่า การเรียนรู้มโนทัศน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งสามารถทำได้โดยการค้นหาคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญของสิ่ง นั้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่ใช่และไม่ใช่สิ่งนั้นออกจากกันได้

จากที่นักวิชาการต่างๆ ได้ให้ ทฤษฎี หลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงมโนทัศน์ สามารถสรุปได้ว่า มีการใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อยู่หลายทฤษฎีที่มาสนับสนุนต่อการคิดเชิงมโนทัศน์ คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคล ทฤษฎีพัฒนาการว่าเป็นตัวเชื่อมระหว่าง ทฤษฎี ความรู้ และทฤษฎีการสอน และทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย

4.3 ลักษณะขององค์ประกอบการคิดเชิงมโนทัศน์

ชาญชัย อินทรประวัติ และคณะ, (2534, หน้า19) ได้นำเสนอลักษณะของการคิดเชิงมโนทัศน์ ดังนี้

4.3.1 ชื่อของมโนทัศน์ เป็นคำที่ใช้เรียกมโนทัศน์หนึ่ง มโนทัศน์ใด ซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้อง มีความหมายตรงกันกับมโนทัศน์ๆ ก็ได้ เช่น ชื่อคน (เนตรทราย ช่อนกลิ้ง ฉวีผ่อง) อาจไม่ระบุลักษณะ ใดๆ ของเจ้าของชื่อก็ได้ มโนทัศน์เป็นนามธรรม แต่ชื่อของมโนทัศน์เป็นสิ่งที่คนกำหนดขึ้นมาสำหรับ ใช้เรียกให้ตรงกันเพื่อความสะดวกในการสื่อความหมาย ชื่อของมโนทัศน์อาจจะเกิดก่อนหรือเกิด หลังจากที่เกิดมีมโนทัศน์แล้วก็ได้ ตัวอย่างเช่น เด็กเล็กๆ คนหนึ่งชอบรับประทานข้าวต้มมัดมาก หลังจากที่ได้รับประทานมาหลายครั้งแล้ว อยู่มาวันหนึ่งเด็กคนนี้ก็อยากรับประทาน อีก เขาจึงบอก พ่อแม่ว่าขอให้ช่วยซื้อ "ข้าวเหนียวยัดไส้กล้วย" ให้เขากินหน่อย ตัวอย่างนี้แสดงว่า เด็กคนนี้ก็เกิดมี มโนทัศน์ของข้าวต้มมัดก่อนที่จะรู้จักชื่อของมัน

4.3.2 คำจำกัดความ เป็นการสรุปรวมลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้นๆ เช่น คำจำกัดความของสัตว์เลี้ยงในฟาร์ม หมายถึงสัตว์ที่ไม่ดุร้าย เลี้ยงไว้ในฟาร์ม เพื่อใช้เป็นอาหารหรือใช้งาน ซึ่งก่อนที่จะให้คำนิยามนี้ออกมา ผู้เรียนจะต้องรู้ลักษณะเฉพาะของสัตว์เลี้ยงในฟาร์มเสียก่อน เป็นต้นว่า อาศัยอยู่ในฟาร์ม เลี้ยงไว้เป็นอาหารหรือไว้ใช้งาน และไม่เป็นสัตว์ดุร้าย เป็นต้น

4.3.3 ตัวอย่างของมโนทัศน์จะช่วยให้เราสามารถจำแนกสิ่งที่เป็นมโนทัศน์ออกจากสิ่งที่ไม่เป็นมโนทัศน์ได้ ตัวอย่างที่ชัดเจน ปริมาณตัวอย่างที่นำมาใช้ ความหลากหลายของตัวอย่าง จะช่วยให้เรามองเห็นภาพรวมของลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นได้อย่างแจ่มชัดขึ้น นอกจากนั้น รูปฟอร์มของตัวอย่างก็ยิ่งส่งผลถึงอัตราความเร็วในการเกิดมโนทัศน์ด้วย ตัวอย่างเช่น มโนทัศน์เรื่อง สี คือ แดง เขียว เหลือง เป็นต้น ตัวอย่างของสีอาจอยู่ในรูปฟอร์มของการพูดออกมาเป็นถ้อยคำ หรือนำสีจริงๆ มาเป็นตัวอย่าง หรือให้ดูรูปภาพสี ในกรณีนี้การนำเอาสีจริงๆ มาให้ดูอาจจะทำให้เกิดมโนทัศน์เรื่องสีได้เร็วกว่าการให้ตัวอย่างที่อยู่ในรูปฟอร์มอื่น

4.3.4 ลักษณะเฉพาะเป็นลักษณะที่มีอยู่เฉพาะในมโนทัศน์นั้นๆ และลักษณะที่ว่ามันจะไม่มีอยู่ในมโนทัศน์อื่นๆ เราใช้ลักษณะเฉพาะเป็นตัวจำแนกมโนทัศน์หนึ่งออกจากอีกมโนทัศน์หนึ่ง ตัวอย่างเช่น สุนัขมีขา 4 ขา มีขนยาว มีหาง เห่าได้และชอบเลียมือ เป็นต้น

4.3.5 ลำดับชั้น เราสร้างสร้างมโนทัศน์ขึ้นมากก็เพื่อช่วยให้เราเข้าใจความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา ดังที่กล่าวมาแล้ว ในจำนวนมโนทัศน์ทั้งหลายที่เราสร้างขึ้นมานี้มีระดับความเป็นนามธรรมที่ต่างกันออกไป มโนทัศน์อย่างหนึ่งเป็นมโนทัศน์ที่กว้างขวาง ครอบคลุมมโนทัศน์อื่นๆ เข้าไว้ด้วย ยกตัวอย่างเช่น มโนทัศน์เรื่องสัตว์ เป็นมโนทัศน์ที่กว้าง รวมเอามโนทัศน์ของสัตว์ที่ไม่มีเขี้ยว สัตว์เขี้ยวเดียว สัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนมก็ยังเป็นมโนทัศน์

สุวิทย์ มูลคำ, (2547, หน้า 10-11) องค์ประกอบที่สำคัญของมโนทัศน์

1. ชื่อมโนทัศน์ เป็นคำที่เรียกชื่อมโนทัศน์หนึ่งๆ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีความหมายตรงกับมโนทัศน์นั้นๆ ก็ได้
2. คำจำกัดความของมโนทัศน์ การให้คำจำกัดความเป็นการสรุปรวมลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้นๆ
3. ตัวอย่าง จะช่วยให้เราสามารถจำแนกสิ่งที่เป็นมโนทัศน์ออกจากสิ่งที่ไม่เป็นมโนทัศน์ได้
4. ลักษณะเฉพาะ เป็นลักษณะที่มีอยู่เฉพาะในมโนทัศน์นั้นๆ และลักษณะที่ว่ามันจะไม่มีอยู่ในมโนทัศน์อื่นๆ

5. ลำดับชั้นของมโนทัศน์ จะเป็นการสร้างมโนทัศน์ขึ้นมาอีกเพื่อช่วยให้เราสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเรา

จากที่นักวิชาการต่างๆ ได้ให้ ลักษณะของการคิดเชิงมโนทัศน์ ผู้เขียนสามารถสรุปได้ว่า มีอยู่ 5 องค์ประกอบหลัก คือ คำแสดงมโนทัศน์ คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ การจัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ การเขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ และตัวอย่างมโนทัศน์ ซึ่งองค์ประกอบในแต่ละด้านจะต้องมีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กัน คือ

1. คำแสดงชื่อมโนทัศน์ เป็นคำที่ให้คำจำกัดความของมโนทัศน์ มโนทัศน์ใด สรุปรวมลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้น

2. คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ เป็นคำที่ใส่เชื่อมระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย และจะต้องบอกการกระทำ หรือผลของการใช้คำเชื่อมต้องมีความสอดคล้องกัน

3. การจัดลำดับชั้นของมโนทัศน์จะช่วยให้เราสามารถทราบระดับความสำคัญ

4. การเขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้อย่างชัดเจน

5. ตัวอย่างมโนทัศน์ จะช่วยขยายความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นๆ ให้ชัดเจนขึ้น

4.4 การวัดการประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

จอยส์และวีล (Joyce & Weil p 1980, อ้างอิงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2547, หน้า 81) หลังจากที่ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงมโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอดแล้วก็จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความคิดเชิงมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดของผู้เรียนว่าผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือไม่และความคิดรวบยอดของเขาถูกต้องหรือไม่

ผู้เรียนที่สามารถสรุป อธิบายสิ่งใดๆ เหตุการณ์ใดๆ จากความรู้ความเข้าใจ ของเขาเป็นภาษาคำพูดของเขาเอง มิใช่เป็นลักษณะการท่องจำข้อความหรือคำจำกัดจากทฤษฎี หรือผู้รู้ใดๆ นั่นก็แสดงว่า ผู้เรียนคนนั้นเกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นแล้ว

สรุปได้ว่าผู้เรียนที่เกิดความคิดรวบยอดแล้วจะมีความสามารถดังนี้

1. บอก ระบุ เรียกชื่อ ความคิดรวบยอดนั้นได้
2. คัดเลือก จำแนก แยกแยะ ยกตัวอย่าง และสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอดนั้น
3. บอกลักษณะเฉพาะที่จำเป็นและไม่จำเป็นของความคิดรวบยอดนั้นได้
4. บอกลำดับชั้นของความคิดรวบยอด (ลำดับชั้นที่สูงกว่า ลำดับที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน และลำดับที่ต่ำกว่า) ได้

5. อธิบายสรุปความหมาย คำจำกัดความ และความคิดรวบยอดนั้นจากความรู้

ความเข้าใจของตนด้วยภาษาคำพูดของตนเองได้

ชาญชัย อินทรประวัตติ (2534, หน้า 27-39) การประเมินผลมโนทัศน์

ในการทดสอบว่าผู้เรียนรู้มโนทัศน์ของสิ่งหนึ่งสิ่งใดหรือไม่นั้น ครูอาจจะทดสอบได้ในแง่ต่างๆ ต่อไปนี้ คือ ถ้ามเกี่ยวกับคำจำกัดความของมโนทัศน์ ลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ และความสัมพันธ์ของมโนทัศน์กับอีกมโนทัศน์หนึ่ง ส่วนวิธีการวัดก็อาจจะกระทำได้ในลักษณะคล้ายคลึงกับการทดสอบข้อเท็จจริง คือ ประเมินในระดับความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ตัวอย่าง เช่น

1. การประเมินผลเกี่ยวกับคำจำกัดความของมโนทัศน์
2. การประเมินผลความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ในระดับขั้นที่เหนือกว่าและต่ำกว่า
3. การประเมินผลโดยการให้ผู้เรียนยกตัวอย่างเพิ่มเติม

หลังจากที่ผู้เรียนบอกได้ว่ามโนทัศน์ที่เรียนคืออะไร สามารถบอกลักษณะโดยรวมของมโนทัศน์นั้นแล้ว ครูอาจทดสอบความเข้าใจโดยอาจใช้วิธีการหนึ่งวิธีใดหรือหลายวิธีรวมกันก็ได้ ดังต่อไปนี้

1. ให้ออกตัวอย่างของมโนทัศน์ที่เรียนนั้นเพิ่มเติม วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดแต่ต้องเป็นตัวอย่างที่ไม่ซ้ำกับที่เรียนมาแล้ว ถ้าไม่เช่นนั้นก็จะทดสอบความจำเท่านั้น
2. ให้ออกลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้น โดยให้ผู้เรียนเขียนออกมาตามที่จดจำไว้ได้ โดยเขียนเรียงลงมาเป็นข้อๆ ก็ได้
3. ให้ออกความสัมพันธ์ของมโนทัศน์นั้นกับมโนทัศน์อื่น นั่นก็คือการบอกมโนทัศน์ที่อยู่เหนือกว่า มโนทัศน์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน หรือที่อยู่ในระดับต่ำกว่านั่นเอง
4. ให้ออกคำจำกัดความของมโนทัศน์นั้น

กฤษตรี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ (2550, หน้า 173) ทดสอบและนำไปใช้ให้ผู้เรียนทดลอง สังเกต ทำแบบฝึกหัด ปฏิบัติ เพื่อประเมินความรู้ หรือผู้สอนทำได้โดย

1. ทำแบบทดสอบ
2. ให้ออกตัวอย่างของจริงหรือรูปภาพแล้วให้ผู้เรียนตอบว่าตัวอย่างใดเป็นความคิดรวบยอดนั้น
3. ให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมจากสื่อต่างๆ เช่น บทเรียน แบบโปรแกรมหรือทำกิจกรรมสำรวจความคิดรวบยอดที่เคยพบก่อน

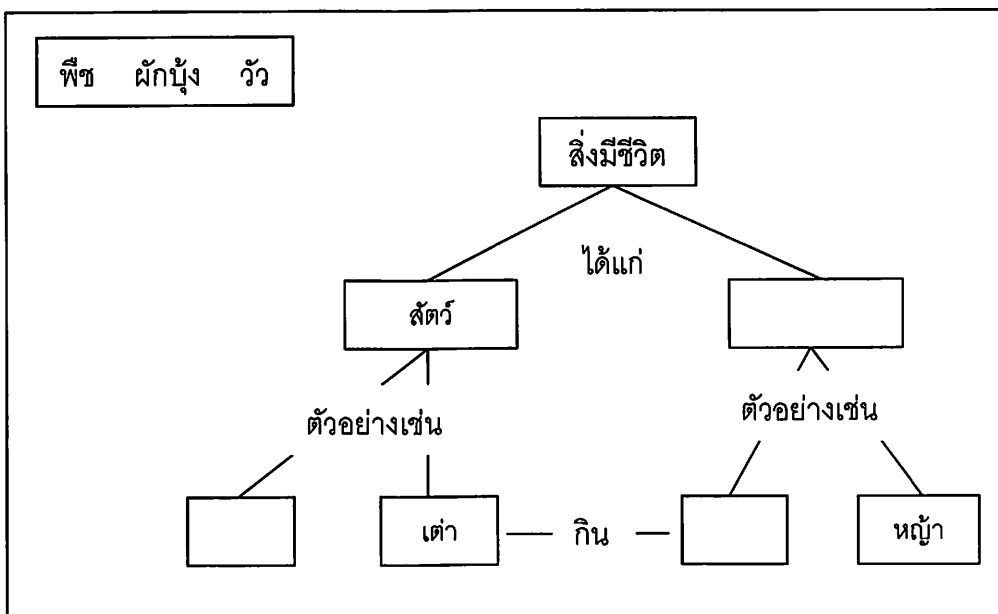
การสร้างแผนผังมโนทัศน์เป็นเทคนิคการสอนอย่างหนึ่งที่น่าสนใจพัฒนาทักษะการคิดเชิงมโนทัศน์ (Sherratt และ Schalbach, 1990, online อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ, 2550, หน้า 79) นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินระดับความสามารถในการ

คิด เชิงมโนทัศน์ได้อีกด้วย (มนัส บุญประกอบ, 2542, หน้า 46-55) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์แนวทางการวัดและประเมินโดยใช้เทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์ตามแนวคิดของ Ruiz-Primp และคณะ (2001 อ้างอิงใน วิยะดา ระวังสุข, 2545, หน้า 17-18) ซึ่งกำหนดว่าจะต้องสร้างแผนผังเกณฑ์ (Criterion map) คือแผนผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้ที่มุ่งวัด เพื่อเป็นแผนผังโครงสร้างต้นแบบสำหรับเฉลย จากนั้นจึงทำเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

รุษ พรีโมและคณะ (Ruiz-Primp et al, 2002, อ้างอิงใน วิยะดา ระวังสุข, 2545, หน้า 17-18) อธิบายเทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์สรุปได้ดังนี้

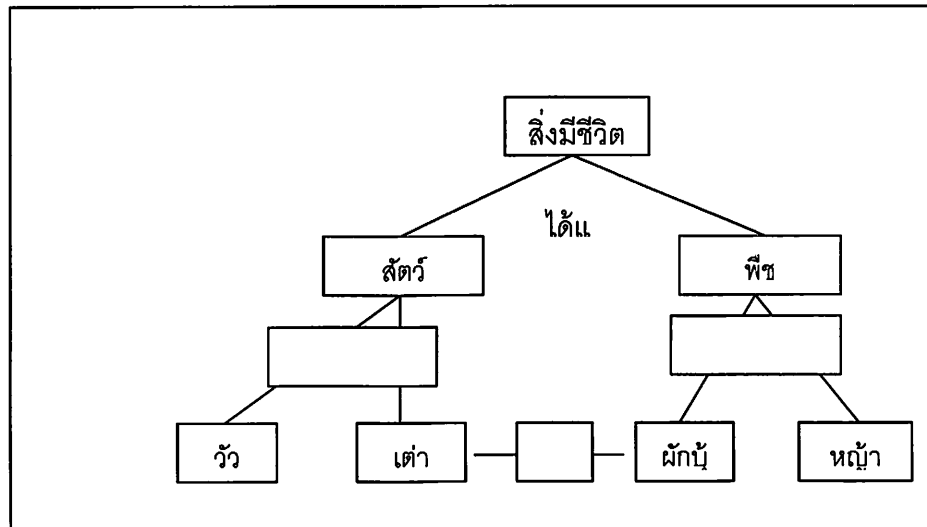
1. เทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำ แสดงมโนทัศน์ลงในแผนผัง (fill-in-map) เป็นเทคนิคที่มีการกำหนดคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมดมาให้ มีลักษณะเป็นแผนผังโครงสร้างที่ยังไม่สมบูรณ์ เพื่อให้นักเรียนนำคำแสดงมโนทัศน์ที่กำหนดให้ทั้งหมดมาเติมลงในช่องว่างให้สมบูรณ์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1.1 แบบเติมคำ (fill-in-the-nodes) คือ แผนผังมโนทัศน์ที่กำหนดแผนผังและคำแสดงมโนทัศน์มาให้ แล้วนักเรียนเลือกคำแสดงมโนทัศน์เหล่านั้นเติมลงในช่องว่างของแผนผังให้ถูกต้อง การสร้างแผนผังแบบเติมคำจะต้องนำแผนผังเกณฑ์ (Criterion map) มาสุ่มเลือกคำแสดงมโนทัศน์บางส่วนออกจากแผนผังเกณฑ์ ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำแสดงมโนทัศน์ (fill-in-the-map)

1.2 แบบเติมคำเชื่อมบนเส้น (fill-in-the-lines) คือ แผนผังที่นำคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ทั้งหมดออกไปแล้วให้นักเรียนคิดหาคำเชื่อมมาเติมในช่องว่างให้ถูกต้อง ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำเชื่อมบนเส้น (fill-in-the-lines) แสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำเชื่อมบนเส้น (fill-in-the-lines)

2. เทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบสร้างจากคำ (construct-a-map) เป็นแผนผังที่นำคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมดในแผนผังเกณฑ์ (Criterion map) มาใช้เป็นคำมโนทัศน์ที่กำหนดให้แล้วให้นักเรียนนำคำมโนทัศน์เหล่านั้นมาสร้างแผนผังมโนทัศน์ โดยต้องลากเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์เขียนคำอธิบายความสัมพันธ์และจัดลำดับมโนทัศน์ให้ถูกต้อง นอกจากนี้ นักเรียนยังสามารถเพิ่มคำแสดงมโนทัศน์ของตนเองเพิ่มเติมลงไปแผนผังได้

แนวคิดดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปเทคนิคการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ด้วยการใช้แผนผังมโนทัศน์ได้ 2 เทคนิค คือ เทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง (fill-in-the-map) แบ่งเป็นการเติมคำมโนทัศน์และการเติมคำเชื่อมและเทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบสร้างผังจากคำ (construct-a-map)

จากที่นักวิชาการต่างๆ ได้ให้ วิธีการและเทคนิควัดประเมินผลการคิดเชิงมโนทัศน์นั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการวัดผลและประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ด้วยวิธีของ รุข พรโม และคณะเนื่องจากเป็นวิธีที่นิยม และประเมินจากการใช้แผนผังมโนทัศน์ เป็นแผนผังเกณฑ์ เพื่อเป็นแผนผังโครงสร้างต้นแบบสำหรับเฉลย

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

ไพศาล หวังพานิช (2523, หน้า 89) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นคุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝนอบรมหรือจากการสอน

ลั้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538, หน้า 20) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความรู้ความสามารถของผู้เรียนเป็นผลจากการเรียนการสอน วัดโดยใช้เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทั่วไป

บุญชม ศรีสะอาด (2541, หน้า 150) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลการเรียนที่ได้จากการสอบที่มุ่งให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้สรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความรู้ความเข้าใจและความสามารถของนักเรียนที่บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในบทเรียนที่วัดโดยใช้เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์

5.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บลูม (Bloom, 1956, pp.201 – 207 อ้างอิงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551, หน้า 55 - 58) กล่าวว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีอยู่ 3 ตัวแปร คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้และความคิด(Cognitive Entry Behaviors) หมายถึง ความรู้ความสามารถและทักษะต่างๆ ของผู้เรียนที่มีมาก่อน

2. คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective Entry Characterizations) หมายถึง แรงจูงใจที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียนรู้ในสิ่งใหม่ๆ ได้แก่ ความสนใจในวิชาที่เรียน เจตคติต่อเนื้อหาและสถาบันให้การยอมรับความสามารถของตนเอง เป็นต้น

3. คุณภาพการเรียนการสอน (Quality of Instruction) หมายถึง ประสิทธิภาพการเรียนการสอนที่นักเรียนได้รับ ได้แก่ คำแนะนำการปฏิบัติและแรงเสริมของผู้สอนที่มีต่อผู้เรียน เป็นต้น

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน คือพฤติกรรมด้านความรู้และความคิด(Cognitive Entry Behaviors) คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective Entry Characterizations)คุณภาพการเรียนการสอน (Quality of Instruction)

5.3 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน ที่เป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์จากการเรียนการสอนหรือการสืบเสาะแสวงหาความรู้ โดยสามารถวัดและประเมิน โดยใช้แบบวัดผลการเรียนด้านความรู้

พิชิต ฤทธิจำริญ (2555, หน้า 31-35) กล่าวว่า สมรรถภาพทางสมองหรือสติปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ แบ่งเป็น 6 ระดับ เรียงตามลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติกรรมจากขั้นต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถทางสมองในการทรงไว้หรือรักษาไว้ซึ่งเรื่องราวต่างๆ ที่บุคคลได้รับรู้ไว้ในสมองได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2. ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่องสามารถถ่ายทอดเรื่องราวเดิมออกมาเป็นภาษาของตนเองได้โดยที่ยังมีความหมายเหมือนเดิม

3. การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อน

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งนั้นๆ ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และเป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

5. การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะ โครงสร้างหรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากของเดิม

6. การประเมินค่า (evaluation) เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลงข้อสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหา และวิธีการต่างๆ โดยอาศัยเกณฑ์หรือมาตรฐานที่วางไว้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 8) กล่าวถึงการกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดผลว่า ตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะนำมาสู่การกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัด เช่น ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์ การนำความรู้ไปใช้ ทักษะการปฏิบัติและความสามารถด้านต่างๆ พฤติกรรมที่ต้องการประเมินจะแตกต่างกันตามระดับชั้นและวัยของผู้เรียน เช่น ในชั้นประถมศึกษาตอนปลายอาจให้ความสำคัญกับพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำความรู้ไปใช้ แต่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอาจเน้นหรือให้ความสำคัญกับระดับพฤติกรรมที่สูงขึ้น เช่น พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการ การ

แก้ปัญหา และการคิดระดับสูง ผู้สอนจึงต้องกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดและให้น้ำหนักคะแนนแต่ละพฤติกรรมตามความสำคัญที่ระบุไว้ในหลักสูตร

สรุป การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน ที่เป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์จากการเรียนการสอนหรือการสืบเสาะแสวงหาความรู้ โดยสามารถวัดและประเมิน โดยใช้แบบวัดผลการเรียนด้านความรู้ ของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ของบลูม ซึ่งวัดได้ 6 ระดับ คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

ปาริชาติ เรือนวิน (2550) ทำวิจัย เรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์เสริมด้วยเกมประกอบการสอน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์เสริมด้วยเกมประกอบการสอน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 37 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง หลักการใช้ภาษาไทย และแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า ดัชนีประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์เสริมด้วยเกมประกอบการสอน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เท่ากับ 0.6616 แสดงว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางพัฒนาการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนมโนทัศน์เสริมด้วยเกมประกอบการสอน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เฉลิมลาภ ทองอาจ (2550) ทำวิจัย เรื่องผลของการใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1. ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทย และความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 71 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองซึ่งจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ จำนวน 36 คน และกลุ่มควบคุมซึ่งจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ หลักการใช้ ภาษาไทย และแบบวัดความสามารถการคิดเชิงมโนทัศน์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทย ใช้เวลาการทดลองจำนวน 8 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 16 คาบ วิเคราะห์ ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที และความแปรปรวน พบว่านักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และนักเรียนมีความสามารถในการคิด เชิงมโนทัศน์สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขุนทอง คล้ายทอง (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใน วิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการ คิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียน ที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ปทุมธานี ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 38 คน รวมจำนวนนักเรียน 76 คน แล้วจับ สลากเป็น กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม จำนวน 38 คน และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น จำนวน 38 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Joseph D. Novak and Alberto J. Canas (2008) ได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์ รวมถึงวิธีการสร้างและใช้แผนผังมโนทัศน์ งานวิจัยนี้นำเสนอทฤษฎีพื้นฐานและต้นกำเนิดของแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่มีลักษณะการจัดระบบทางความคิด ด้วยคำพูด ข้อเสนอของความคิดด้วยแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้อธิบายประสบการณ์ของผู้วิจัยเกี่ยวกับการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นการแสดงความคิดที่ดี ช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ ช่วยให้นักวิจัยได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ และสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ได้

Muhammad Naqeeb (2015, หน้า 471-481) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชา ชีววิทยา ด้วยรูปแบบการสอนสืบเสาะหาความรู้ 7E และทำการเปรียบเทียบระหว่างการสอนสืบเสาะหาความรู้ 7E กับรูปแบบการสอนเดิม โดยทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติสำหรับทดสอบสมมติฐาน t-test และตาราง ANOVA พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนสืบเสาะหาความรู้ 7E หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experiential research) เรื่อง ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้ศึกษาได้ดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. แผนการดำเนินการวิจัย
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียน จำนวน 37 คน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ห้องเรียนที่มีนักเรียนคละความสามารถทางการเรียน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ชั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ตัวแปรตาม คือ 1. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 2 ส่วน 1. เครื่องมือในการทดลอง 2. เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 เครื่องมือในการทดลอง คือ แผนจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 แผนการจัดการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการสอน 18 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัยแต่ละชนิดโดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี

การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาเอกสาร องค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์หลักสูตร ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ได้ทำการคัดเลือกเนื้อหาและมีขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรดังนี้

3.1.1.1 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้

3.1.1.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้

3.1.1.3 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้

3.1.1.4 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้

การวิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาบทเรียนจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยวิเคราะห์จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 มาตรฐาน 3.1 โดยนำมาแจกแจงเป็น 3 ส่วน คือ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 แสดงวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 มาตรฐาน 3.1

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
พันธะโคเวเลนต์	- อภิปราย และอธิบาย เรื่องการสร้างพันธะเคมี - อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับการสร้างพันธะโคเวเลนต์ การเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ที่การรวมตัวไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรของสารประกอบโคเวเลนต์ และการเรียกชื่อสารประกอบ โคเวเลนต์	1. บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารหรือพันธะเคมีได้ 2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้ 3. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้

ตาราง 4 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
พันธะไอออนิก	- อธิบายเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก สูตรของสารประกอบไอออนิก และการเรียกชื่อสารประกอบ ไอออนิก	11. อธิบาย การเกิดไอออน การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้ 12. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ 13. อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก และสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิกได้
พันธะโลหะ	- อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะ และสมบัติของโลหะ	14. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและใช้ความรู้เรื่องพันธะโลหะอธิบายสมบัติของโลหะได้

ที่มา หลักสูตรสถานศึกษา 2559 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์

3.1.2 วิเคราะห์ขั้นตอนวิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล และขั้นนำความรู้ไปใช้ มาใช้ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.2.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่า เด็กแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไร จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่านักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้นๆ

3.1.2.2 **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้แผนผังมโนทัศน์หลัก เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะกระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด และนำแผนผังมโนทัศน์หลักมาเป็นประเด็นชวนให้นักเรียนคิดและอภิปรายร่วมกัน ส่วนบทบาทของนักเรียนคือ แสดงความคิดเห็น นำเสนอประเด็นที่ต้องการจะอธิบาย

3.1.2.3 **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)** ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีกระบวนการวางแผนกำหนดแนวทางควรสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3.1.2.4 **ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)** ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบแผนผังมโนทัศน์โดยบทบาทของครู คือ ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอธิบาย โดยทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ทำแผนผังมโนทัศน์ขึ้นมา นำเสนอหน้าชั้นเรียน และบทบาทของนักเรียน คือ อธิบายนำเสนอแผนผังมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นหน้าชั้นเรียน

3.1.2.5 **ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และนักเรียนร่วมกันช่วยอภิปรายเพิ่มเติม มโนทัศน์ที่ผ่านการค้นคว้ามาแล้วให้สมบูรณ์มากขึ้น โดยบทบาทของครู คือ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ ความเข้าใจ และจัดกิจกรรมเพิ่มโดยให้นักเรียนทุกคนในห้องช่วยกันสร้างแผนผังมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และบทบาทของนักเรียนคือ เป็นผู้ตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของตนเอง ด้วยการช่วยกันอภิปรายนำเสนอข้อมูลที่ตนเองเข้าใจไปช่วยกันสร้างมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ครบถ้วน

3.1.2.6 **ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)** ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ

3.1.2.7 **ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)** ในขั้นนี้เป็นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้”

3.1.2.8 นำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมี ทั้ง 7 ขั้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อทำการตรวจสอบและขอคำแนะนำในส่วนที่บกพร่องแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.1.2.9 นำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมี ทั้ง 7 ขั้น ที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินคุณภาพความเหมาะสมขององค์ประกอบต่างๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า ตามวิธีของลิเคอร์ท(Likert) ซึ่งมี 5 ระดับตามความหมายดังนี้

- 5 หมายถึง องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.1.6 นำผลการตรวจให้คะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

- 4.51-5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 3.51-4.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
- 2.51-3.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
- 1.51-2.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
- 1.00-1.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

การพิจารณาโดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นเพื่อหาค่ามาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ ลิเคอร์ท (Likert) โดยให้ค่าความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 99-100) จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมเป็นเกณฑ์ตัดสินถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ที่ใช้ได้

พบว่าจากตาราง 11 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยภาพรวมของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นนั้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D.= 0.50) และเมื่อพิจารณาแต่ละขั้นพบว่าขั้นที่มีความเหมาะสมสูงที่สุดคือ ขั้นขยายความคิด ($\bar{X} = 5.00$, S.D.= 0.00) และขั้นที่มีความเหมาะสมต่ำที่สุดคือ ขั้นสร้างความสนใจ ชั้นประเมินผล และขั้นนำความรู้ไปใช้ ($\bar{X} = 4.33$, S.D.= 0.58)

3.1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ในส่วนของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 9 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 18 ชั่วโมง โดยมีหัวข้อย่อย ดังนี้

3.1.3.1 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์

3.1.3.2 กฎออกเตต/ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

3.1.3.3 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ /รูปร่างโมเลกุล

3.1.3.4 สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

3.1.3.5 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างดมเลกุลโคเวเลนต์

3.1.3.6 การเกิดพันธะไฮออนิก/โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

3.1.3.7 การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก/พลังงานกับ

การเกิดสารประกอบไอออนิก

3.1.3.8 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก

3.1.3.9 พันธะโลหะ

3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมี จำนวน 9 แผน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อทำการตรวจสอบและขอคำแนะนำในส่วนที่บกพร่องแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้

3.1.5 นำแผนจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมี จำนวน 9 แผน ที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินคุณภาพความเหมาะสมขององค์ประกอบต่างๆ ของ

แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า ตามวิธีของลิเคอร์ท(Likert) ซึ่งมี 5 ระดับ ตามความหมายดังนี้

- 5 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.1.6 นำผลการตรวจให้คะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

- 4.51-5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 3.51-4.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
- 2.51-3.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
- 1.51-2.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
- 1.00-1.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

การพิจารณาโดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นเพื่อหาค่ามาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของ ลิเคอร์ท (Likert) โดยให้ค่าความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 99-100) จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมเป็นเกณฑ์ตัดสินถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ที่ใช้ได้

พบว่าจากตาราง 11 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยภาพรวมของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละด้านนั้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.83$, S.D.= 0.15) และเมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่าด้านที่มีความเหมาะสมสูงที่สุดคือ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ และสมรรถนะผู้เรียน ($\bar{X} = 5.00$, S.D.= 0.00) และด้านที่มีความเหมาะสมต่ำที่สุดคือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล ($\bar{X} = 4.38$, S.D.= 0.15)

3.1.6 จัดพิมพ์เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ทดลองต่อไป

3.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี เป็นแบบทดสอบอัตนัย

3.2.1 ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง พันธะเคมี โดยสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย ซึ่งวิเคราะห์ได้ตามตาราง 5

ตาราง 5 แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์	1. บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารหรือพันธะเคมีได้	2	1
	2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	2	1
	3. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	2	1
กฎออกเตต/ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	4. ใช้ความรู้เรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้	2	1
พลังงานพันธะ	5. ใช้ค่าพลังงานพันธะคำนวณหาพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้	2	1

ตาราง 5 (ต่อ)

สาระการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ สร้าง	จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง
แนวคิด เกี่ยวกับเร โซแนนซ์ / รูปร่างโมเลกุล	6. อธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มี โครงสร้างเรโซแนนซ์ได้ 7. ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ เขียนแสดงด้วยโครงสร้างลิวอิสได้	2 2	1 1
สภาพัฒน์ของ โมเลกุล โคเวเลนต์	8. อธิบายสภาพัฒน์และทิศทางของขั้วของ พันธะโคเวเลนต์และของโมเลกุล โคเวเลนต์ได้	2	1
แรงยึดเหนี่ยว ระหว่าง โมเลกุล โคเวเลนต์	9. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง โมเลกุลโคเวเลนต์ รวมทั้งอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุลกับจุดหลอมเหลวและ จุดเดือดของสารโคเวเลนต์ได้ 10. บอกสมบัติที่แตกต่างกันของสาร โคเวเลนต์ประเภทโมเลกุลไม่มีขั้ว โมเลกุล มีขั้ว และโครงผลึก่างตาข่ายได้	2 2	1 1
การเกิดพันธะ ไอออนิก/ โครงสร้างของ สารประกอบไอ ออนิก	11. อธิบาย การเกิดไอออน การเกิดพันธะ ไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบ ไอออนิกได้	2	1
การเขียนสูตร และการเรียก ชื่อสารประกอบ ไอออนิก/ พลังงาน	12. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบ ไอออนิกได้ 13. อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับ การเกิดสารประกอบไอออนิก และสมบัติ บางประการของสารประกอบไอออนิกได้	2 2	1 1

ตาราง 5 (ต่อ)

สาระการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ สร้าง	จำนวน ข้อสอบที่ ใช้จริง
กับการเกิด สารประกอบ ไอออนิก			
พันธะโลหะ	14. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและใช้ ความรู้เรื่องพันธะโลหะอธิบายสมบัติของ โลหะได้	2	1
	รวม	28	14

3.2.2 สร้างแผนผังมโนทัศน์เกณฑ์ เพื่อใช้สำหรับเฉลยมโนทัศน์ที่ต้องการวัดตามองค์ประกอบของการคิดเชิงมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คือ คำแสดงเชื่อมโนทัศน์ คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ การจัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และการยกตัวอย่างของมโนทัศน์

3.2.3 สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์โดยใช้กรอบแนวคิดของ Ruiz-Primo และคณะ (วิยะดา ระวังสุข, 2545, หน้า 17 อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ, 2550, หน้า 117) เนื่องจากมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการวัดมโนทัศน์ (Bolte, 1998, p. 19, Williams, 1998:414-412, อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ, 2550, หน้า 117) แบบวัดที่สร้างขึ้นเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ทำการวิเคราะห์ได้จากข้อ 3.2.1 จำนวน 28 ข้อ

3.2.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์โดยประยุกต์จากองค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ของ Novak และ Gowin (1984, pp.36-37 อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ, 2550, หน้า 118) ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์โดยใช้ข้อบังคับประกอบและเกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ของ Novak และ Gowin (1984, pp 36-37) อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ 2550 หน้า 118)

ระดับคะแนน	คุณภาพของแผนผังมโนทัศน์
4 ดีมาก	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 85 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง จัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ได้ถูกต้อง เขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง และสามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้ถูกต้อง
3 ดี	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70-85 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง จัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ได้ถูกต้อง เขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ไม่ถูกต้อง และสามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางมโนทัศน์
2 พอใช้	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 51-69 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้แต่ยังไม่ชัดเจน จัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ได้ไม่ถูกต้อง เขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้แต่ยังไม่ถูกต้อง และไม่สามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางมโนทัศน์ได้
1 ต้องปรับปรุง	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด ไม่สามารถเขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้ ไม่สามารถจัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ ไม่สามารถเขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ และไม่สามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้

3.2.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เพื่อนำคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 28 ข้อ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ โดยพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามกับจุดประสงค์

ว่าวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ พร้อมทั้งปรับปรุงภาษาให้เหมาะสมกับนักเรียน โดยกำหนดเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.2.7 นำผลการตรวจให้คะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมาคำนวณหา ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และนำค่าที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

ค่า IOC < 0.50 ถือว่าแบบทดสอบวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์ไม่สามารถนำไปใช้ได้

ค่า IOC \geq 0.50 ถือว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์สามารถนำไปใช้ได้

พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด เชิงมโนทัศน์จากตาราง 12 แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการคิดเชิงมโนทัศน์กับสถานการณ์และข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 ถือว่าแบบทดสอบนี้วัดได้ตรงตาม จุดประสงค์สามารถนำไปใช้ได้

3.2.8 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ที่ผ่านการตรวจสอบ คุณภาพขั้นต้นแล้ว จำนวน 28 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก จากนั้นคัดเลือกข้อสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .70 ขึ้นไป มา 14 ข้อ

พบว่าจากตาราง 13 แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด เชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1) ข้อสอบนี้มีค่า อำนาจจำแนกระหว่าง 0.56-0.88 แล้วคัดเลือกข้อสอบตามโครงสร้างและมีคุณภาพดีกว่าข้อสอบ ที่วัดเหมือนกัน แต่ถ้าผลการพิจารณาพบว่าทุกข้อผ่านเกณฑ์หมด ให้เลือกข้อสอบข้อที่มีอำนาจจำแนก มากที่สุดของแต่ละจุดประสงค์เพราะถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อสอบนั้นมี อำนาจจำแนกสูง หรือสามารถจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำได้อย่างดี สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท), 2555, หน้า 16 มาจำนวน 14 ข้อ

3.2.9 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ที่ผ่านการตรวจสอบ คุณภาพขั้นต้นแล้ว จำนวน 14 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 2 กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์

(วังชมภูวิทยาาคม) เพื่อทำการวิเคราะห์หาคำนวนหาค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค จากนั้นคัดเลือกข้อสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .70 ขึ้นไป

พบว่าจากตาราง 14 แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2) ข้อสอบนี้มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อระหว่าง 0.64 - 0.84 และมีค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคของข้อสอบ จำนวน 14 ข้อ ทั้งฉบับ คือ 0.8857

3.2.10 จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ฉบับสมบูรณ์ ซึ่งมี จำนวน 14 ข้อ เพื่อนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ที่ใช้การสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ที่ใช้การสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.3.1 ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง พันธะเคมี โดยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามแนวคิดการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ บลูม 6 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านวิเคราะห์ ด้านสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เนื่องจากสามารถวัดครอบคลุมเนื้อหาและตรวจให้คะแนนได้ง่าย ซึ่งวิเคราะห์ได้ตามตาราง 7

ตาราง 7 แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรม				จำนวน ข้อที่ ต้อง การ ครู จริง
		จำนวน ข้อ ที่ ออก	จำนวน ข้อ ที่ ออก	จำนวน ข้อ ที่ ออก	จำนวน ข้อ ที่ ออก	
การเกิดและ ชนิดของ พันธะ โคเวเลนต์	1. บอกเหตุผลที่แสดง ว่ามีแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาคของสาร หรือพันธะเคมีได้	2	2	2	2	1
	2. อธิบายการเกิดพันธะ โคเวเลนต์และระบุชนิด ของพันธะโคเวเลนต์ใน โมเลกุลได้	2	2	2	4	2
กฎออกเตต/ ความยาว พันธะและ พลังงาน พันธะ	3. เขียนสูตรและ เรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ได้	1	1	2	2	1
	4. ใช้ความรู้เรื่องความ ยาวพันธะและพลังงาน พันธะระบุชนิดของ พันธะโคเวเลนต์ได้	1	1	2	4	2
พันธะ	5. ใช้ค่าพลังงานพันธะ คำนวณหาพลังงานที่ เปลี่ยนแปลงของ ปฏิกิริยาได้	2	2	2	2	1

ตาราง 7 (ต่อ)

สาระการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรม					จำ- นวน ข้อ ที่- ออก	จำ- นวน ข้อ ที่- ออก	
		ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์			ประเมินค่า
แนวคิด เกี่ยวกับเร ซิแนนซ์ / รูปร่าง โมเลกุล	6. อธิบายโครงสร้างของ สารโคเวเลนต์ที่มี โครงสร้างเรซิแนนซ์ได้ 7. ทำนายรูปร่าง โมเลกุลโคเวเลนต์ และ เขียนแสดงด้วย โครงสร้างลิวอิสได้		1			1	2	1	
สภาพขั้วของ โมเลกุล โคเวเลนต์	8. อธิบายสภาพขั้วและ ทิศทางของขั้วของ พันธะโคเวเลนต์และ ของโมเลกุลโคเวเลนต์ ได้	1	1		3	1	6	3	
แรงยึดเหนี่ยว ระหว่าง โมเลกุล โคเวเลนต์	9. ระบุชนิดของแรงยึด เหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โคเวเลนต์ รวมทั้ง อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุลกับจุด หลอมเหลวและจุด เดือดของสารโคเวเลนต์ ได้ 10. บอกสมบัติที่ แตกต่างกันของสาร			1	2	2	1	6	3
			3	1	3		7	3	

ตาราง 7 (ต่อ)

สาระการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรม					จำนวน ข้อ ออก	จำนวน ข้อที่ ต้อง การ จริง
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์		
	โคเวเลนต์ประเภท โมเลกุลไม่มีขั้ว โมเลกุล มีขั้ว และโครงผลึกร่าง ตาข่ายได้							
การเกิด พันธะ ไอออนิก/ โครงสร้าง ของสาร ประกอบ ไอออนิก	11. อธิบาย การเกิด ไอออน การเกิดพันธะ ไอออนิกและโครงสร้าง ของสารประกอบ ไอออนิกได้		1		1	1	3	2
การเขียนสูตร และการ เรียกชื่อ	12. เขียนสูตรและ เรียกชื่อสารประกอบ ไอออนิกได้	1			1	2	4	2
สารประกอบ ไอออนิก/ พลังงานกับ การเกิด สารประกอบ ไอออนิก	13. อธิบายการ เปลี่ยนแปลงพลังงาน กับการเกิดสารประกอบ ไอออนิก และสมบัติบาง ประการของ สารประกอบไอออนิกได้				6	1	7	3

ตาราง 7 (ต่อ)

สาระการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรม					จำ- นวน ข้อ ที่ ออก	จำ- นวน ข้อที่ ต้อง การ จริง	
		ความรู้ ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์			ประเมินค่า
พันธะโลหะ	14. อธิบายการเกิด พันธะโลหะและใช้ ความรู้เรื่องพันธะโลหะ อธิบายสมบัติของโลหะ ได้	1	1		6		8	4	
รวม		4	15	3	27	8	3	60	30

3.3.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และประเมินค่า จำนวน 60 ข้อ ต้องการจริง 30 ข้อ

3.3.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 60 ข้อ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และขอคำแนะนำเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 60 ข้อ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ โดยพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเป็นปรนัย (Objectivity) ของข้อคำถาม ว่าวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ พร้อมทั้งปรับปรุงภาษาให้เหมาะสมกับนักเรียน โดยกำหนดเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.3.5 นำผลการตรวจให้คะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมาคำนวณหา ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และนำค่าที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

ค่า IOC < 0.50 ถือว่าแบบทดสอบวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์ไม่สามารถนำไปใช้ได้

ค่า IOC \geq 0.50 ถือว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์สามารถนำไปใช้ได้

พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จาก ตาราง 18 แสดงผลผลการพิจารณาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีค่า ระหว่าง 0.33-1.00 ถือว่าแบบทดสอบนี้วัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์อยู่ 2 ข้อ ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ที่กำหนดไว้ คือข้อ 15 และ ข้อ 29 จึงไม่สามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงเหลือข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์ สามารถใช้ได้ จำนวน 58 ข้อ

3.3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นแล้ว จำนวน 58 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีของ เบรนนัน (Brennan) จากนั้นคัดเลือกข้อสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ มีค่าความยากระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจ จำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .70 ขึ้นไป มา 14 ข้อ พบว่าจากตาราง 19 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1) ข้อสอบนี้มีค่าความยาก ระหว่าง 0.26 – 0.78 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.17-0.87 ซึ่งพบว่าไม่เป็นไปตามเกณฑ์จำนวน 10 ข้อ จึงเหลือข้อสอบที่สามารถใช้ได้ จำนวน 48 ข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบมา จำนวน 30 ข้อ ที่เป็นไปตามโครงสร้างและมีคุณภาพดีกว่าข้อสอบที่วัดเหมือนกัน แต่ถ้าผลการพิจารณาพบว่าทุกข้อ ผ่านเกณฑ์หมด ให้เลือกข้อสอบข้อที่มีอำนาจจำแนกมากที่สุดของแต่ละจุดประสงค์เพราะถ้าข้อสอบ มีอำนาจจำแนกเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อสอบนั้นมีอำนาจจำแนกสูง หรือสามารถจำแนกผู้สอบออกเป็น กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำได้อย่างดี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท), 2555, หน้า 16

3.3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นแล้ว จำนวน 30 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 2 กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีของ โลเวต (Lovett) จากนั้นคัดเลือกข้อสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .70 ขึ้นไป

พบว่าจากตาราง 20 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2 ข้อสอบ จำนวน 30 ข้อ) ข้อสอบนี้มีค่าความยาก ระหว่าง 0.41 – 0.74 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.39-0.74 ซึ่งพบว่าเป็นไปตามเกณฑ์ และมีค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ จำนวน 30 ข้อ ทั้งฉบับ คือ 0.9406

3.3.8 จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ฉบับสมบูรณ์ ซึ่งมีจำนวน 30 ข้อ เพื่อนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บและรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่กำหนดไว้โดยใช้เครื่องมือในการเก็บและรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 ข้อมูลด้านความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบแสดงการสร้างแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 14 ข้อ

4.2 ข้อมูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบชนิดปรนัย เลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

5.1.1 นำคำตอบจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์แบบเขียนตอบ จำนวน 14 ข้อ ทั้งก่อนและหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 37 คน มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ระดับคุณภาพ จำนวน 4 ระดับ โดยปรับปรุงจากเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์โดยใช้องค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ของ Novak and Gowin (1984, pp.36-37 อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ, 2550, หน้า 118)

5.1.2 หาคะแนนรวม หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ได้ผลตามตาราง 15 แสดงผลคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ย

180.16 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 55.72 ส่วน หลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 240.56 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 37.50

5.1.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ระหว่างคะแนนก่อนและหลังจากได้รับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าที (t-test dependent) ได้ผลตามตาราง 16 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ก่อน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent)

5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2.1 นำคำตอบจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ทั้งก่อนและหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 37 คน มาตรวจให้คะแนน โดยให้ข้อถูกได้ 1 คะแนน ข้อผิด หรือ ไม่ตอบ หรือ ตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

5.2.2 หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ได้ผลตามตาราง 21 แสดงผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 11.81 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.22 ส่วนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 20.84 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.27

5.2.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างคะแนนก่อนและหลังจากได้รับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าที (t-test dependent) ได้ผลตามตาราง 22 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent)

6. แผนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้แบบแผนการทดลอง One Group Pretest-Posttest Design ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 8 นี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 240)

ตาราง 8 แสดงแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design

การทดสอบก่อนเรียน	การจัดกระทำ	การทดสอบหลังเรียน
T ₁	X	T ₂
สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง		
T ₁ แทน	การทดสอบก่อนเรียน	
T ₂ แทน	การทดสอบหลังเรียน	
X แทน	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

7.1 สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ

7.1.1 การหาค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ โดยใช้สูตรหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 164)

$$\text{จากสูตร } IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

7.1.2 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิธีของ Brennan (เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย, 2539, หน้า 210 อ้างอิงใน ปกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 171)

$$\text{จากสูตร } B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ B	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
U	แทน	จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกของกลุ่มที่สอบผ่านเกณฑ์
L	แทน	จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกของกลุ่มที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์
n_1	แทน	จำนวนผู้เรียนที่สอบผ่านเกณฑ์
n_2	แทน	จำนวนผู้เรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

7.1.3 ค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้วิธีโลเวต (ปกกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 173)

$$\text{จากสูตร } r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - C)^2}$$

เมื่อ r_{cc}	แทน	ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ
X_i	แทน	คะแนนของแต่ละคน
k	แทน	จำนวนข้อสอบ
C	แทน	คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

7.1.4 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์โดยใช้วิธีครอนบาค (ปกกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 169)

$$\text{จากสูตร } \alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_i^2} \right]$$

เมื่อ α	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
n	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
$\sum s_i^2$	แทน	ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ
s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

7.2 สถิติเชิงบรรยาย

7.2.1 ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{x}) ของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (ปกกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 214)

จากสูตร	$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$
เมื่อ \bar{x}	แทน ค่าเฉลี่ย
$\sum x$	แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N	แทน จำนวนผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

7.2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 228)

$$\text{จากสูตร } S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X แทน คะแนนแต่ละคน
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
 $(\sum X)^2$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

7.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ใช้ค่าสถิติ t-test dependent เพื่อเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ก่อนเรียนและหลังการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้ t-test dependent Sample (เกษม สาทิตย์, 2540, หน้า 167 อ้างอิงใน ปกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 239)

$$\text{จากสูตร } t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{(N-1)}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
 D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
 N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
 $\sum D$ แทน ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ยกกำลังสอง
 $\sum D^2$ แทน ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ทั้งหมดยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง
 $N-1$ แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 18 ชั่วโมง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 37 คน ช่วงเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ แผนจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ($n = 37$)

การทดสอบ	X	\bar{X}	S.D.	\bar{d}	$S.D._{\bar{d}}$	t	p
ก่อนเรียน	280	180.16	55.72	60.49	27.84	13.22**	0.0000
หลังเรียน	280	240.65	37.50				

** $p < .01$

จากตาราง 9 พบว่าความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่า 180.16 และ 240.65 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ($n = 37$)

การทดสอบ	X	\bar{X}	S.D.	\bar{d}	$S.D._{\bar{d}}$	t	p
ก่อนเรียน	30	11.81	3.22	9.51	1.87	31.03**	0.0000
หลังเรียน	30	21.32	4.27				

** $p < .01$

จากตาราง 10 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและนักเรียนหลังเรียน
11.81 และ 21.32 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนตามข้อ
ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการแบบบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์กับ 7 ชั้น
ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ผู้ปกครองและครูผู้สอนได้ติดตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimentail research) เรื่อง ผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายของวิจัย เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน จากการดำเนินการวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัยที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงขอสรุป ผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นำมาอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 180.16 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 240.65 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ เฉลิมลาภ ทองอาจ (2550) ที่พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียน ที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ซึ่งได้ใช้แผนผังมโนทัศน์มาร่วมวิจัย และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ปาริชาติ เรือนวิน (2557) ที่พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียน ที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์เสริมด้วยเกมประกอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ก็ใช้แผนผังมโนทัศน์มาช่วยในการสอนจึงส่งผลให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ดีขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Joseph D. Novak and Alberto J. Canas (2008) ที่ได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์ รวมถึงวิธีการสร้างและใช้แผนผังมโนทัศน์ นำเสนอทฤษฎีพื้นฐานและต้นกำเนิดของแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่มีลักษณะการจัดระบบทางความคิด ด้วยคำพูด ข้อเสนอของความคิดด้วยแผนผังมโนทัศน์ และการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นการแสดงความคิดที่ดี ช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ ช่วยให้นักวิจัยได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ และสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ได้ และการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการสร้างที่ช่วยในการฝึกให้นักเรียนเกิดความคิด ซึ่งสอดคล้องกับภาพ เลหาไพบูลย์ (2542 อ้างอิงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 155-156) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือ นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด ฝึกการกระทำ ทำให้เรียนรู้วิธีการจัดการระบบความคิด และวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองทำให้ความรู้คงทน และถาวรโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้สถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน นักเรียนสามารถเรียนรู้มนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น และแผนผังมโนทัศน์ Concept Mapping (Novak 1984 อ้างอิงใน วัชรา เล่าเรียนดี, 2553 หน้า 61) เป็นเทคนิคหนึ่งที่จะช่วยในการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งกว้างขวางมากขึ้น ช่วยในการจำ ช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดโดยสร้างแผนผังเชื่อมโยง และการคิดที่ชัดเจน สามารถใช้ในการเรียนรู้ทุกสาระวิชา ถ้าฝึกการใช้แผนผังมโนทัศน์อย่างสม่ำเสมอจะสามารถช่วยพัฒนาผลการเรียนรู้ ผลการปฏิบัติงานได้ และสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น โดยมองเห็นความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคำ ข้อความ สาระต่างๆ ได้ชัดเจน

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เพราะในขั้นตอนของกิจกรรมที่ใช้ในการทดลอง จะมี 7 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation

Phase) ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา ทำให้ได้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดขึ้น ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้แผนผังมโนทัศน์หลัก เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้ออกมาแล้ว โดยครูมีบทบาท เป็นผู้ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด และนำแผนผังมโนทัศน์หลักมาเป็นประเด็นชวนให้นักเรียนคิดและอภิปรายร่วมกัน ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้ นักเรียนมีการคิดวางแผนกำหนดแนวทางควรสำรวจตรวจสอบ ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้ออกมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม นักเรียนร่วมกันช่วยอภิปรายเพิ่มเติม มโนทัศน์ที่ผ่านการค้นคว้ามาแล้วให้สมบูรณ์มากขึ้น จึงทำให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ได้อย่างชัดเจนสมบูรณ์ ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ที่ได้สะสมมาจากขั้นตอนต่างๆ ข้างต้นเพื่อนำมาตอบคำถามครู ได้อย่างเป็นเหตุ เป็นผล ประกอบในการตัดสินใจ และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) นักเรียนได้นำความรู้สิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ดังนั้นในทุกๆ ขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดทั้งสิ้น แต่ที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการคิดเชิงมโนทัศน์เป็นอย่างมากก็คือ ขั้นของสร้าง ความสนใจ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายผล เพราะมีการนำแผนผังมโนทัศน์มาช่วยประกอบส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ได้เป็นอย่างมาก

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังเรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 11.81 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 21.32 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชุนทอง คล้ายทอง (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค การแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในวิชาเคมี 1 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Muhammad Naqeeb (2015) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนในวิชา ชีววิทยา ด้วยรูปแบบการสอนสืบเสาะหาความรู้ 7E และเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียน ด้วยการสอนสืบเสาะหาความรู้ 7E หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหา ความรู้ มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สืบเสาะ ตรวจสอบ เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่สิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 174) และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้เด็ก มีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้าง ประสบการณ์ของตนเอง การสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอน การเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ และการตรวจสอบความรู้ จะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหา บทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และในกระบวนการกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีการใช้เทคนิคการจัดแผนผังมาโนทัศน์มาช่วย เสริมความรู้ จัดระบบความรู้ โครงสร้างของความรู้ให้เป็นระเบียบ มองเห็นภาพองค์รวมของความ เนื้อในเนื้อหาได้อย่างชัดเจนครบคลุมจึงทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจ และคงทน เป็น กระบวนการที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติและแสวงหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเมื่อความสามารถ ในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนสูงขึ้น ก็จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นตามด้วย เพราะว่าความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เป็นการคิดของโครงสร้างทางสติปัญญาที่เป็น พื้นฐานของการคิดทุกประเภท หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ มนุษย์ไม่สามารถคิดได้ ถ้าไม่มีมโนทัศน์ เป็นพื้นฐาน (สุราง โคว์ตระกูล, 2550, หน้า 302) ก็จะทำให้ความสามารถในการเรียนรู้ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ในช่วงเริ่มต้นของการสอนพบว่า นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการ จัดกิจกรรมในลักษณะนี้ ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เกี่ยวกับเนื้อหา ของพันธะเคมี เป็นเรื่อง que เริ่มต้นมาใช้ในการจัดการสอนให้กับนักเรียน นักเรียนจึงขาดความรู้

พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องนี้ จึงทำให้แนวการตอบคำถามที่ครูนำมาใช้เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนนั้นเป็นเพียงความรู้ของเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

ดังนั้น ครูต้องเอาใจใส่ กับขั้นตอนนี้เป็นอย่างมาก และพอสอนกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนครั้งที่ 2 นักเรียนก็จะมีความรู้พื้นฐานเดิมในเรื่องพันธะเคมี พอครูทำการถามนักเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม ก็จะทำให้ทราบว่าสิ่งที่นักเรียนได้รับการเรียนไปนั้นมีความเข้าใจมากน้อยเพียงใด เพราะขั้นตอนนี้จะทำให้ครูสามารถนำไปออกแบบและประเมินความรู้ความสามารถของนักเรียนที่จะจัดกิจกรรมในขั้นตอนต่อไป

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ครูควรจะให้เวลาพอสมควรกับนักเรียนในการคิด ผูกคิด เพื่อแสวงหาเหตุผล แนวทางคำตอบ การอธิบาย การอภิปราย ในขั้นตอนของการขยายความคิด โดยมีการใช้แผนผังมโนทัศน์ มาช่วยเสริมองค์ความรู้การคิด เพื่อให้ให้นักเรียนมองเห็นภาพองค์รวมของเนื้อหาเป็นรูปธรรมขึ้นนั้น ครูไม่ควรรีบบอกคำตอบ หรืออธิบายก่อน ควรจะฟังสิ่งที่นักเรียนนำเสนอ แล้วค่อยชี้แนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ในขั้นตอนของการสำรวจและค้นหา ครูควรจะให้ความสนใจ และดูแลการปฏิบัติงานกลุ่มของนักเรียนอย่างใกล้ชิดว่าแต่ละคนให้ความร่วมมือหรือไม่ แล้วกระตุ้นให้สมาชิกภายในแต่ละกลุ่มช่วยกันทำงานทุกคน โดยอาจจะวางแผนให้นักเรียนแต่ละคนค้นหางานของตนเองก่อนแล้วค่อยมาเสนอแนวคิดกับการทำงานกลุ่ม เพื่อให้ได้งานออกมาอย่างสมบูรณ์ และได้หลากหลายแนวคิดจนกลายเป็นองค์ความรู้ที่นักเรียนช่วยกันสร้างขึ้น

4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ครูควรช่วยเสริมความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ในองค์ประกอบของด้านตัวอย่างของมโนทัศน์ให้มากๆ เพราะจากตาราง 17 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบประเมินแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละด้านขององค์ประกอบ ของการทดสอบหลังเรียน ผู้วิจัยพบว่า การยกตัวอย่างมโนทัศน์ของนักเรียนอยู่ในระดับน้อยสุด ถ้าครูทำให้องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ครบทุกด้าน และแต่ละด้านมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ก็จะส่งผลให้เกิดองค์ความรู้ได้อย่างชัดเจนขึ้น ทำให้ความสามารถในการเรียนรู้ การคิดของนักเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้นตามมาอีกด้วย

ข้อเสนอแนะเพื่อวิจัยต่อไป

1. ควรพัฒนาการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น และแผนผังมโนทัศน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหา เพราะความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์เป็นพื้นฐานของโครงสร้างทางความคิดอื่นๆ ได้

2. การสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น และแผนผังมโนทัศน์ ควรมีการบูรณาการการเรียนรู้เข้ากับการใช้ทักษะในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.
กรุงเทพฯ; ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กำพล ดำรงวงศ์. (2540). การพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะ เพื่อ
สอนการสร้างมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์.ปริญญาดุษฎีบัณฑิต; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กฤษเกียรติ เพ็ชรทวีพรเดช. (2550). สอดยอดวิธีสอนวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การจัดการเรียนรู้ครูยุคใหม่.
กรุงเทพฯ; อักษรเจริญทัศน์ อจท.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2549). การคิดเชิงมโนทัศน์ (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ; ชัดเชสมิเดีย.
- ขุนทอง คล้ายทอง. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถ
ในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับ
การเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักร
การเรียนรู้ 7 ชั้น. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
จากรุวรรณ โพธิ์ทองธรรม. (2541). ผลการใช้มโนคติในการสอนคณิตศาสตร์ ระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
- เฉลิมลาภ ทองอาจ. (2550). ผลการใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนาทป พรกุล. (2554). การสอนกระบวนการคิด : ทฤษฎีและการนำไปใช้. (พิมพ์ครั้งที่ 2).
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). 80 นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.
(พิมพ์ครั้งที่ 6). นนทบุรี; พี บาลานซ์ดีไซด์แอนพริ้นติ้ง.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2555). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.
(พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ; แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตโปรดเรชั่น.
- ชาญชัย อินทรประวัตติ. (2534). รูปแบบการสอน. (พิมพ์ครั้งที่ 3). สงขลา; มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา.
- ทิตนา แชมมณี. (2548). รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย. (พิมพ์ครั้งที่ 3).
กรุงเทพฯ; สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- นันทา มีฤทธิ์. (2552). การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น เรื่อง สาร สมบัติของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- บุญชม ศรีสะอาด (2545). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ ; สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ; ชมรมเด็ก.
- ปกรณ์ ประจันบาน. (2552). ระเบียบวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิษณุโลก : รัตนสุวรรณการพิมพ์.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). การพัฒนาการคิด. กรุงเทพฯ; 9119 เทคนิคพรินติ้ง.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ชั้น วิชาการ., 10(4), 25-30; ตุลาคม-ธันวาคม.
- ปาริชาติ เรือนวิน. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใชรูปแบบการสอนมโนทัศน์ เสริมด้วยเกมส์ประกอบการสอนเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการใช้ ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง. กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- พรณี ชูทัย เจริญจิต. (2550). จิตวิทยาการเรียนการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 1) .นนทบุรี; ศูนย์ส่งเสริม วิชาการ
- พิชิต ฤทธิจรูญ. (2554). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ; เฮาส์ออฟเคอร์มีส์ท์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุป. (2560). ทักษะ 7C ของครู ๔.๐. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ; โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพศาล หวังพานิช. (2523). การวัดผลการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสาทมิตร.
- มนัส บุญประกอบ. (2533). ยุทธศาสตร์ใหม่การศึกษา. แผนภูมิมโนทัศน์. สสวท. 69; 19-18
- โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์(วังชมภูวิทยาาคม). (2558). รายงานผลการพัฒนา คุณภาพการศึกษา โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์ ประจำปี การศึกษา 2558.
- โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์(วังชมภูวิทยาาคม). (2559). หลักสูตรสถานศึกษา พ.ศ. 2559.
- ล้วน สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ; สุวีริยาสาส์น.

- ลออ อางนายนนท์. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความคิดสร้างสรรค์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง สิ่งแวดล้อมทางสังคมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วัชรรา เล่าเรียนดี. (2553). รูปแบบและกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะการคิด. นครปฐม; คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วารินทร์ แก้วอุไร. (2543). เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาเฉพาะ (เคมี). พิษณุโลก; ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วีณา ประชากุล และ ประสาท เนืองเฉลิม. (2554). รูปแบบการเรียนและการสอน. (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม; สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). การจัดการเรียนรู้. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ; โอเดียนสโตร์
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน) (2559). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำขั้นพื้นฐาน(O-NET). สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2560. จาก <http://www.newonetestresult.niets.or.th>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2546). การจัดการเรียนรู้อุณหภูมิวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2555). การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ; ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546 ข). เอกสารการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ; คุรุสภาลาดพร้าว.
- สมาน ลอยฟ้า. (2542). การจดบันทึกด้วยการใช้แผนผังมโนทัศน์. บรรณารักษศาสตร์ และสารนิเทศน์
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2558). โครงการปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียน (พ.ศ.2557-2560" สะท้อนปัญหาและทางออก ตอบโจทย์ปฏิรูปการศึกษาไทย). กรุงเทพฯ; 21 เซ็นจูรี่ จำกัด.
- สุนีย์ สอนตระกูล. (2535). การพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบจัดอบรมมโนทัศน์สำหรับวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ดุสิตบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สุรางค์ โค้วตระกูล. (2550). จิตวิทยาการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ; เจเนอรัล
บุคส์ เซนเตอร์.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์ การสอนคิดเชิงมโนทัศน์. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ;
ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. (2545). 21 วิธีการจัดการเรียนรู้; เพื่อการพัฒนากระบวนการคิด.
(พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ; ภาพพิมพ์.
- Eisenkraft, A. (203). Expanding the 5E model. The science Teacher. 56-59. Enger, S.K
and Yager, R.E. 2001. Asesing student understanding in science California;
Corwin press.
- Joseph D. Novak.,Canas J.A. (2008). The theory underlying concept maps and how to
construct them, technical report IHMC Cmap tools. Florida: Institute for Human
and Machine Cognition.
- Muhammad Naqeeb. (2015). Improving Students' Achievement in Biology using 7E
Instruction Model : An Experiment Study. Mediterranean Journal of social
Sciences, Vol 6 No 4 S3. Doi: 10.5901/mjss.2015.v6n4s3p471

MEMORANDUM

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ และ ประเมินคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ดร.ศศิกานต์ ปราณปราณีเจริญ

วุฒិการศึกษ ป.ดว. (เคมี)

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเคมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

2. นางสาวนันทน์ภัทร บุญยอด

วุฒิการศึกษ กศ.ม. คณิตศาสตร์

ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการ วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนองค์การบริหาร

ส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์(วังชมภูวิทยาคม) หัวหน้างานวิชาการศึกษา การวัดผลและ

ประเมินผล สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์

3. นางธิดา ปัญญาสุภชาติ

วุฒิการศึกษ ค.บ. วิทยาศาสตร์ทั่วไป

ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัด

เพชรบูรณ์ (วังชมภูวิทยาคม) หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์

ภาคผนวก ข แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ
สืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนทัศน์
เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยได้
กำหนดระดับความเหมาะสมไว้ดังนี้
 - 5 หมายถึง รายการประเมินนั้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
 - 4 หมายถึง รายการประเมินนั้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
 - 3 หมายถึง รายการประเมินนั้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
 - 2 หมายถึง รายการประเมินนั้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
 - 1 หมายถึง รายการประเมินนั้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด
2. หลังจากพิจารณารายการประเมินเสร็จแล้ว โปรดให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยเขียน
ลงในส่วนของความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์						
1.1 ชั้นที่ 1 ตรวจสอบความรู้เดิม Elicitation Phase มีกิจกรรมการใช้						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
คำถามให้ผู้เรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อดึงความรู้จากประสบการณ์เดิม						
1.2 ขั้นที่ 2 ได้รับความสนใจ Engagement Phase มีกิจกรรมนำแผนผังมโนทัศน์มาร่วมเริ่มทำกิจกรรมเพื่อสร้างจุดสนใจ						
1.3 ขั้นที่ 3 สำรวจและค้นหา Exploration Phase มีกิจกรรมแบ่งกลุ่มนักเรียนร่วมกันศึกษาหาข้อมูล เอกสาร เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง						
1.4 ขั้นที่ 4 อธิบาย Explanation Phase มีกิจกรรมให้นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันสร้างแผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาแล้วนำมาเสนอหน้าชั้นเรียน						
1.5 ขั้นที่ 5 ขยายความคิด Expansion Phase มีกิจกรรมนักเรียนทุกคนในห้องและครูร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติม เพื่อสร้างแผนผังมโนทัศน์ให้มีความสมบูรณ์ ซึ่งเลือกจากแผนผังมโนทัศน์ของแต่ละกลุ่มนำมาเสนอหน้าชั้นเรียนเพียงอันเดียวที่สมบูรณ์ที่สุดแล้วให้นักเรียนกับครูช่วยกันอภิปรายเพิ่มเติมผังมโนทัศน์ให้มีความสมบูรณ์						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1.6 ชั้นที่ 6 ประเมินผล Evaluation Phase มีกิจกรรมให้นักเรียนทุกคนในห้องทำงาน แบบฝึก และแบบทดสอบ หลังเรียน						
1.7 ชี้นำความรู้ไปใช้ Extension Phase มีกิจกรรมให้นักเรียนสานต่อความรู้ที่ได้เรียนมากับเรื่องที่จะศึกษาในครั้งต่อไป						
2 แผนการจัดการเรียนรู้						
2.1 มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด						
2.1.1 สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางฯ						
2.1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา						
2.1.3 เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน						
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.2.1 สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางฯ						
2.2.2 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินผลได้						
2.2.3 พฤติกรรมที่ระบุความเหมาะสมกับเวลา เนื้อหา และผู้เรียนสอดคล้องกับหลักสูตร						
2.3 สำคัญ						
2.3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	5	4	
2.3.2 สอดคล้องกับผู้เรียน						
2.3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน						
2.4 สารการเรียนรู้						
2.4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์						
2.4.2 สอดคล้องกับผู้เรียน						
2.4.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน						
2.5 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน						
2.5.1 สอดคล้องกับผู้เรียน						
2.5.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน						
2.6 การจัดการกระบวนการเรียนรู้						
2.6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และ ขั้นตอนของกิจกรรม						
2.6.2 สอดคล้องกับวัยและ ความสามารถของผู้เรียน						
2.6.3 มีการดำเนินกิจกรรมเป็นไปตาม กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับ แผนผังมโนทัศน์						
2.6.4 มีการดำเนินกิจกรรมที่เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ						
2.6.5 สามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุ วัตถุประสงค์ของแผนจัดการเรียนรู้						
2.6.6 เหมาะสมกับเวลา						
2.7 สื่อการเรียนการสอน						
2.7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	5	4	
2.7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
2.7.3 เหมาะสมกับวัยและความสนใจของผู้เรียน						
2.7.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้						
2.8 การวัดผลและประเมินผล						
2.8.1 สอดคล้องกับพฤติกรรมที่กำหนดในจุดประสงค์การเรียนรู้						
2.8.2 ใช้วิธีการวัดและประเมินที่หลากหลาย						

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์

ลงชื่อ

(.....)

ผู้ประเมิน

ภาคผนวก ข แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 11 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	ระดับความ					ระดับความเหมาะสม
	คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3	\bar{X}	S.D.	
1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์						
1.1 ชั้นที่ 1 ตรวจสอบความรู้เดิม	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
Elicitation Phase มีกิจกรรมการใช้คำถามให้ผู้เรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อดึงความรู้จากประสบการณ์เดิม						
1.2 ชั้นที่ 2 สร้างความสนใจ	5	4	4	4.33	0.58	มาก
Engagement Phase มีกิจกรรมนำแผนผังมโนทัศน์ มาร่วมเริ่มทำกิจกรรมเพื่อสร้างจุดสนใจ						

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	\bar{X}	S.D.	
1.3 ขั้นที่ 3 สำรวจและค้นหา Exploration Phase มีกิจกรรมแบ่งกลุ่มนักเรียน ร่วมกันศึกษาหาข้อมูล เอกสาร เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
1.4 ขั้นที่ 4 อธิบาย Explanation Phase มีกิจกรรมให้นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกัน สร้างแผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องที่ ศึกษาแล้วนำมาเสนอหน้าชั้นเรียน	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
1.5 ขั้นที่ 5 ขยายความคิด Expansion Phase มีกิจกรรมนักเรียนทุกคนในห้อง และครูร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติม เพื่อ สร้างแผนผังมโนทัศน์ให้มีความสมบูรณ์ ซึ่งเลือกจากแผนผังมโนทัศน์ที่แต่ละ กลุ่มนำมาเสนอหน้าชั้นเรียนเพียงอัน เดียวที่สมบูรณ์ที่สุดแล้วให้นักเรียนกับ ครูช่วยกันอภิปรายเพิ่มเติมผังมโนทัศน์ ให้มีความสมบูรณ์	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
1.6 ขั้นที่ 6 ประเมินผล Evaluation Phase มีกิจกรรมให้นักเรียนทุกคนในห้องทำใบ งาน แบบฝึก และแบบทดสอบหลังเรียน	5	4	4	4.33	0.58	มาก
1.7 ขั้นที่ 7 นำความรู้ไปใช้ Extension Phase มีกิจกรรมให้นักเรียนสานต่อ ความรู้ที่ได้เรียนมากับเรื่องที่จะศึกษา ในครั้งต่อไป	5	4	4	4.33	0.58	มาก
ภาพเฉลี่ยรวมด้านกิจกรรมการเรียนรู้	5	4.57	4.28	4.57	0.50	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่					ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	\bar{X}	S.D.	
2 แผนการจัดการเรียนรู้						
2.1 มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด						
2.1.1 สอดคล้องกับหลักสูตร แกนกลางฯ	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2.1.3 เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
ภาพเฉลี่ยรวมด้านมาตรฐานการ เรียนรู้/ตัวชี้วัด	5	5	4.67	4.89	0.20	มากที่สุด
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.2.1 สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางฯ	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.2.2 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและ ประเมินผลได้	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.2.3 พฤติกรรมที่ระบุความเหมาะสมกับ เวลา เนื้อหา และผู้เรียนสอดคล้องกับ หลักสูตร	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
ภาพเฉลี่ยรวมด้านจุดประสงค์การ เรียนรู้	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.3 สาระสำคัญ						
2.3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.3.2 สอดคล้องกับผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
ภาพเฉลี่ยรวมด้านสาระสำคัญ	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.4 สาระการเรียนรู้						
2.4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.4.2 สอดคล้องกับผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.4.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
ภาพเฉลี่ยรวมด้านสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่					ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	\bar{X}	S.D.	
2.5 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน						
2.5.1 สอดคล้องกับผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.5.2 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
ภาพเฉลี่ยรวมด้านสมรรถนะสำคัญ ของผู้เรียน	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.6 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
2.6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และ ขั้นตอนของกิจกรรม	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2.6.2 สอดคล้องกับวัยและความสามารถ ของผู้เรียน	5	4	4	4.33	0.58	มาก
2.6.6 เหมาะสมกับเวลา	4	4	4	4.00	0.00	มาก
ภาพเฉลี่ยรวมด้านการจัดกระบวนการ เรียนรู้	4.83	4.33	4.33	4.50	0.38	มาก
2.7 สื่อการเรียนการสอน						
2.7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.7.3 เหมาะสมกับวัยและความสนใจของ ผู้เรียน	4	4	4	4	0.00	มาก
2.7.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
ภาพเฉลี่ยรวมด้านสื่อการเรียนการสอน	4.75	4.75	4.75	4.75	0	มากที่สุด
2.8 การวัดผลและประเมินผล						
2.8.1 สอดคล้องกับพฤติกรรมที่กำหนดใน จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2.8.2 ใช้วิธีการวัดและประเมินที่หลากหลาย	5	4	4	4.33	0.58	มาก
ภาพเฉลี่ยรวมด้านการวัดผลและ ประเมินผล	5.00	4.00	4.50	4.50	0.58	มาก
ภาพเฉลี่ยรวมแผนจัดการเรียนรู้	4.95	4.76	4.78	4.83	0.15	มากที่สุด

ภาคผนวก ค ผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด
เชิงมโนทัศน์กับสถานการณ์และข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

ตาราง 12 แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
คิดเชิงมโนทัศน์กับสถานการณ์และข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	สถานการณ์/ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
1	สถานการณ์ที่ 1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
2	สถานการณ์ที่ 2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3	สถานการณ์ที่ 3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	สถานการณ์/ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
4	สถานการณ์ที่ 4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
5	สถานการณ์ที่ 5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
6	สถานการณ์ที่ 6	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7	สถานการณ์ที่ 7	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	สถานการณ์/ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
8	สถานการณ์ที่ 8	1	1	1	0.67	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
9	สถานการณ์ที่ 9	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
10	สถานการณ์ที่ 10	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
11	สถานการณ์ที่ 11	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	สถานการณ์/ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
12	สถานการณ์ที่ 12	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
13	สถานการณ์ที่ 13	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
14	สถานการณ์ที่ 14	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
15	สถานการณ์ที่ 15	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	สถานการณื/ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
16	สถานการณืที่ 16	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
17	สถานการณืที่ 17	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
18	สถานการณืที่ 6	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
19	สถานการณืที่ 19	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	สถานการณ์/ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
20	สถานการณ์ที่ 20	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
21	สถานการณ์ที่ 21	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
22	สถานการณ์ที่ 22	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
23	สถานการณ์ที่ 23	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	สถานการณ์/-ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
24	สถานการณ์ที่ 24	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
25	สถานการณ์ที่ 25	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
26	สถานการณ์ที่ 26	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
27	สถานการณ์ที่ 27	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	สถานการณ์/ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ			IOC	ความ สอดคล้อง
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
28	สถานการณ์ที่ 28	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ภาคผนวก ค ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์
เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1)

ตาราง 13 แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์
เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1)

ข้อ ที่	จุดประสงค์ที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการเลือก
1	1	0.78	ใช้ได้	
2	1	0.88	ใช้ได้	ใช้
3	2	0.81	ใช้ได้	ใช้
4	2	0.79	ใช้ได้	
5	3	0.76	ใช้ได้	
6	3	0.77	ใช้ได้	ใช้
7	4	0.76	ใช้ได้	ใช้
8	4	0.67	ใช้ได้	
9	5	0.64	ใช้ได้	
10	5	0.69	ใช้ได้	ใช้
11	6	0.67	ใช้ได้	ใช้
12	6	0.65	ใช้ได้	
13	7	0.66	ใช้ได้	ใช้
14	7	0.63	ใช้ได้	
15	8	0.63	ใช้ได้	ใช้
16	8	0.58	ใช้ได้	
17	9	0.59	ใช้ได้	
18	9	0.61	ใช้ได้	ใช้
19	10	0.64	ใช้ได้	
20	10	0.64	ใช้ได้	ใช้
21	11	0.60	ใช้ได้	
22	11	0.63	ใช้ได้	ใช้

ค่าความแปรปรวนสัมประสิทธิ์ของค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย (จำนวน 28 ไร่)

ไร่	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน	สัมประสิทธิ์
28	14	0.56	ไร่
27	14	0.56	ไร่
26	13	0.60	ไร่
25	13	0.62	ไร่
24	12	0.64	ไร่
23	12	0.63	ไร่

ภาคผนวก ข ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์
เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2)

ตาราง 14 แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์
เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2)

ข้อ ที่	จุดประสงค์ที่ 1	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการเลือก
1	1	0.84	ใช้ได้	ใช้
2	2	0.81	ใช้ได้	ใช้
3	3	0.81	ใช้ได้	ใช้
4	4	0.70	ใช้ได้	ใช้
5	5	0.72	ใช้ได้	ใช้
6	6	0.69	ใช้ได้	ใช้
7	7	0.74	ใช้ได้	ใช้
8	8	0.75	ใช้ได้	ใช้
9	9	0.72	ใช้ได้	ใช้
10	10	0.64	ใช้ได้	ใช้
11	11	0.67	ใช้ได้	ใช้
12	12	0.78	ใช้ได้	ใช้
13	13	0.73	ใช้ได้	ใช้
14	14	0.69	ใช้ได้	ใช้

ค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค 0.8857 (จำนวน 14 ข้อ)

ภาคผนวก ง แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4




ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

คำชี้แจง

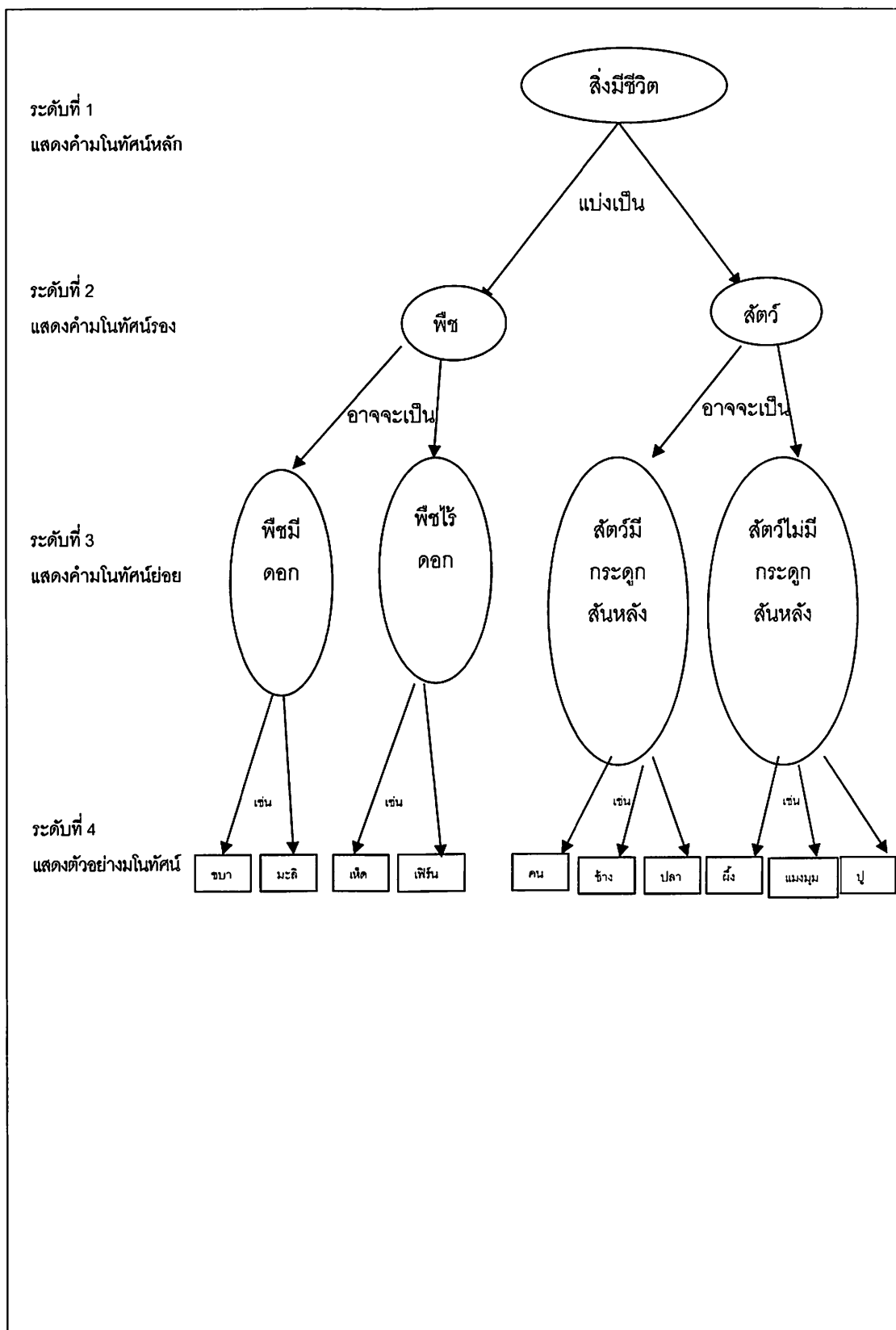
1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ มีทั้งหมด 14 ข้อ ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี
2. ให้พิจารณาคำแสดงมโนทัศน์ แล้วนำไปสร้างแผนผังมโนทัศน์ในกรอบที่กำหนด
3. การสร้างแผนผังมโนทัศน์ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้
 - 3.1 เขียนคำแสดงชื่อมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
 - 3.2 เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
 - 3.3 เขียนจัดลำดับชั้นมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
 - 3.4 เขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
 - 3.5 เขียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์ และนักเรียนสามารถเขียนยกตัวอย่างเพิ่มเติมได้นอกเหนือจากที่กำหนดคำแสดงมโนทัศน์ไว้

ตัวอย่าง

คำแสดงมโนทัศน์

สิ่งมีชีวิต	แบ่งเป็น	อาจจะเป็น	พืช	สัตว์
มะลิ	ปู	เห็ด	แมงมุม	เฟิร์น
พืชมีดอก	สัตว์มีกระดูกสันหลัง	พืชไร้ดอก	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ชบา
คน	ช้าง	ปลา	  	

นักเรียนสามารถนำคำแสดงมโนทัศน์สร้างแผนผังมโนทัศน์ได้ดังนี้



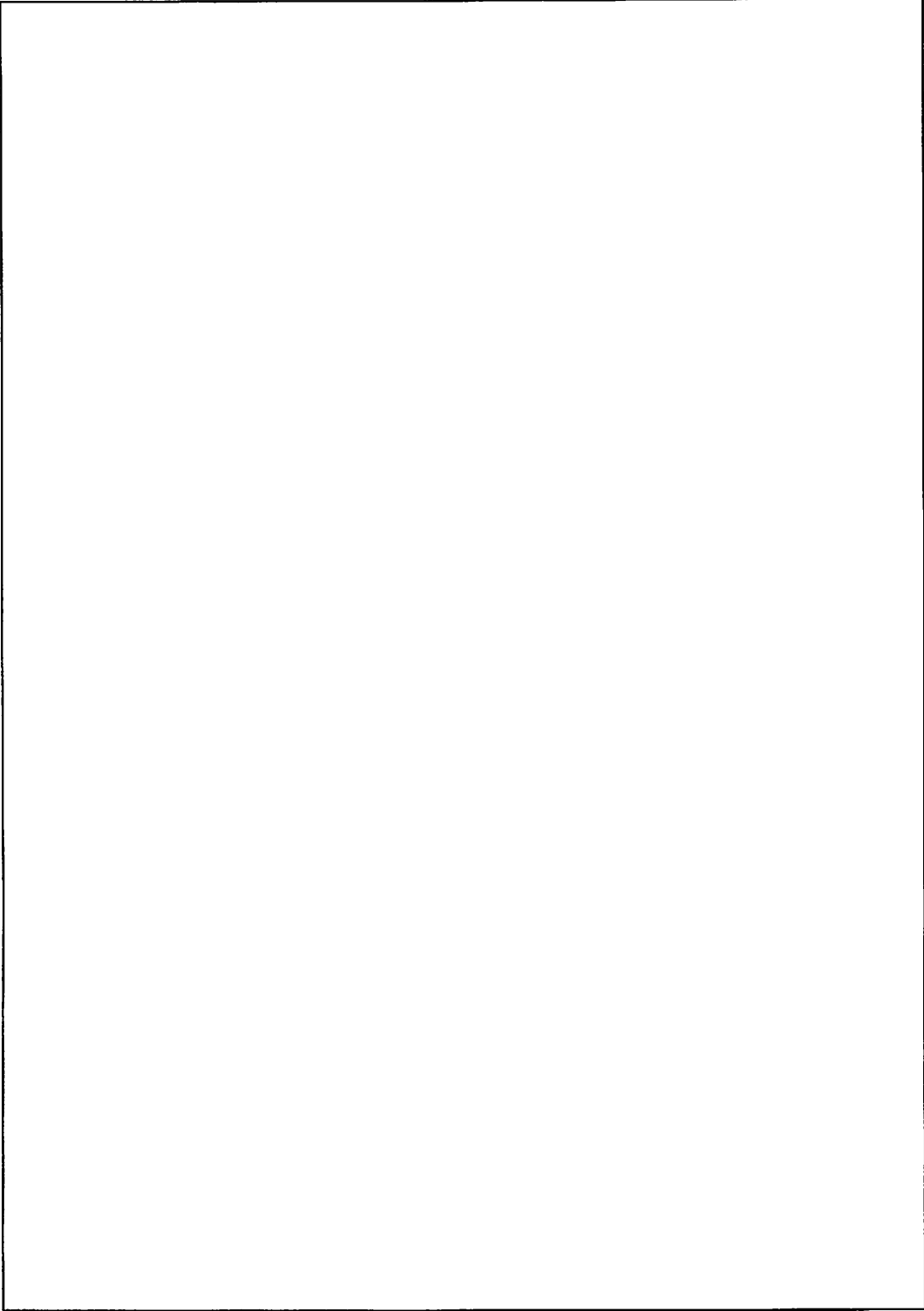
(ข้อที่ 1)

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารหรือพันธะเคมีได้

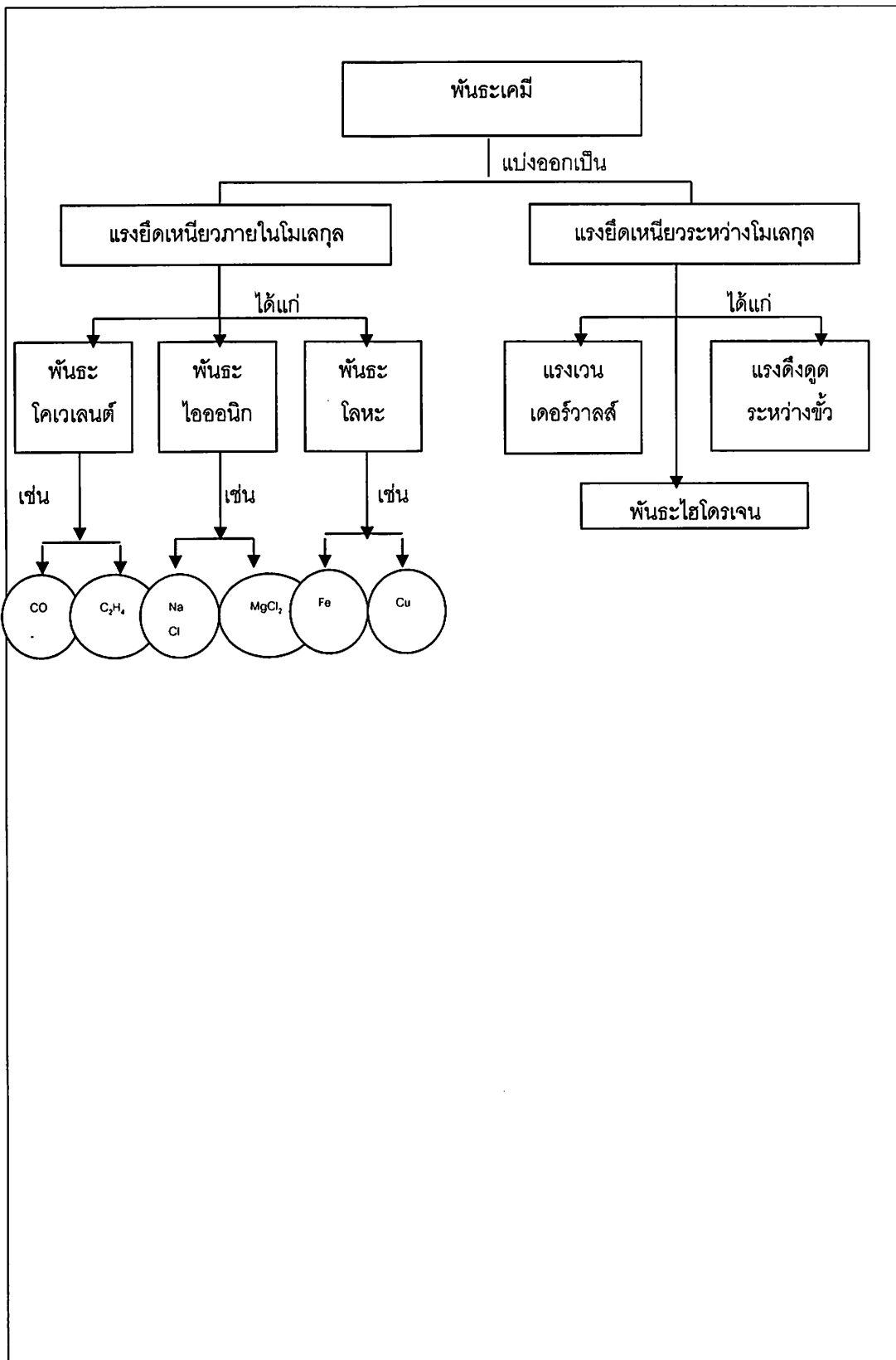
คำแสดงมโนทัศน์

เช่น	พันธะเคมี	แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล
CO ₂	พันธะโคเวเลนต์	NaCl
แบ่งออกเป็น	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	MgCl ₂
แรงเวนเดอร์วาลส์	C ₂ H ₄	พันธะไอออนิก
แรงดึงดูดระหว่างขั้ว	ได้แก่	Cu
พันธะโลหะ	พันธะไฮโดรเจน	Fe
เช่น	ได้แก่	เช่น



114

(เฉลย ข้อ 1) แผนผังมโนทัศน์







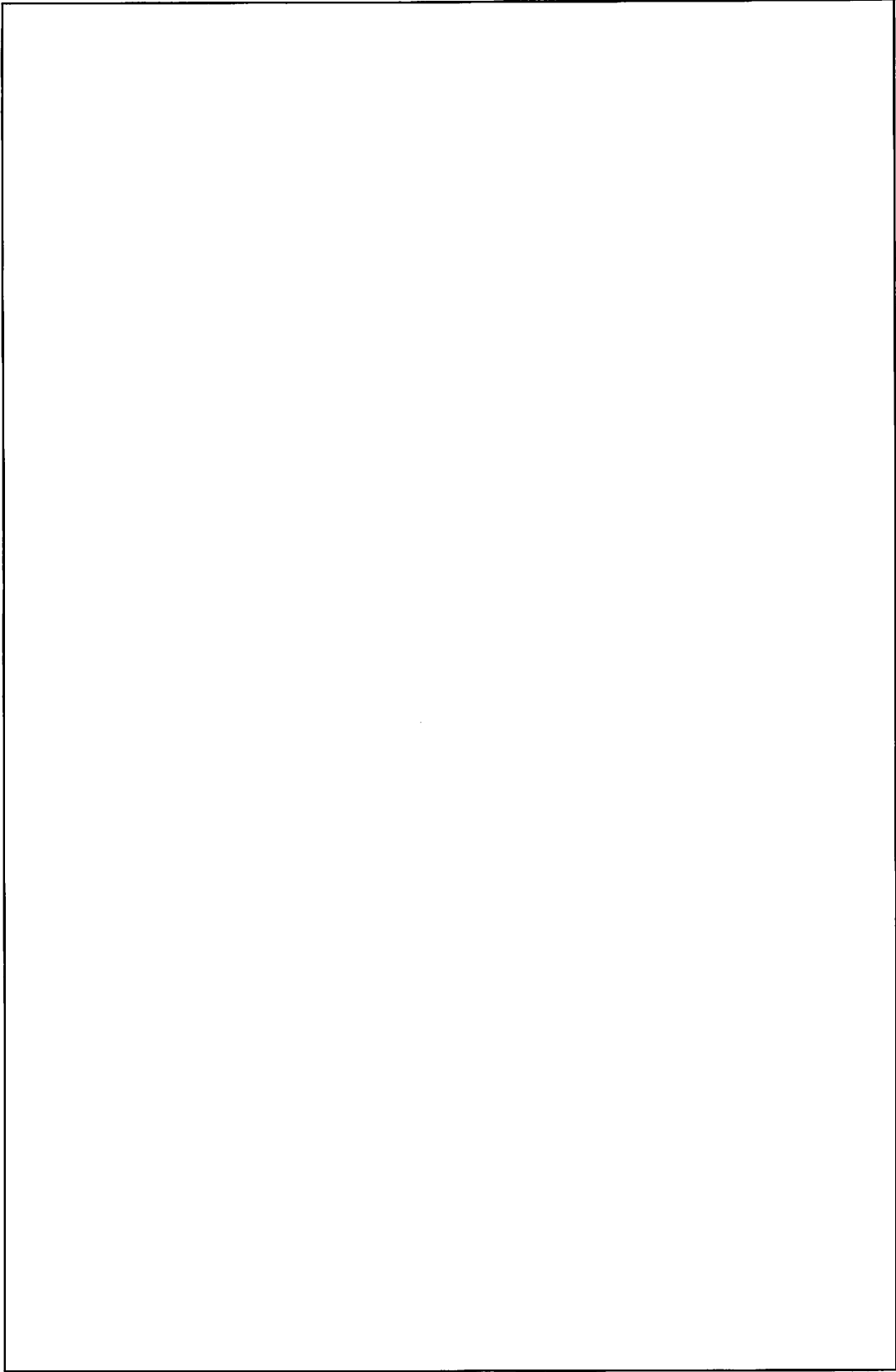
(ข้อที่ 2)

จุดประสงค์การเรียนรู้

2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้

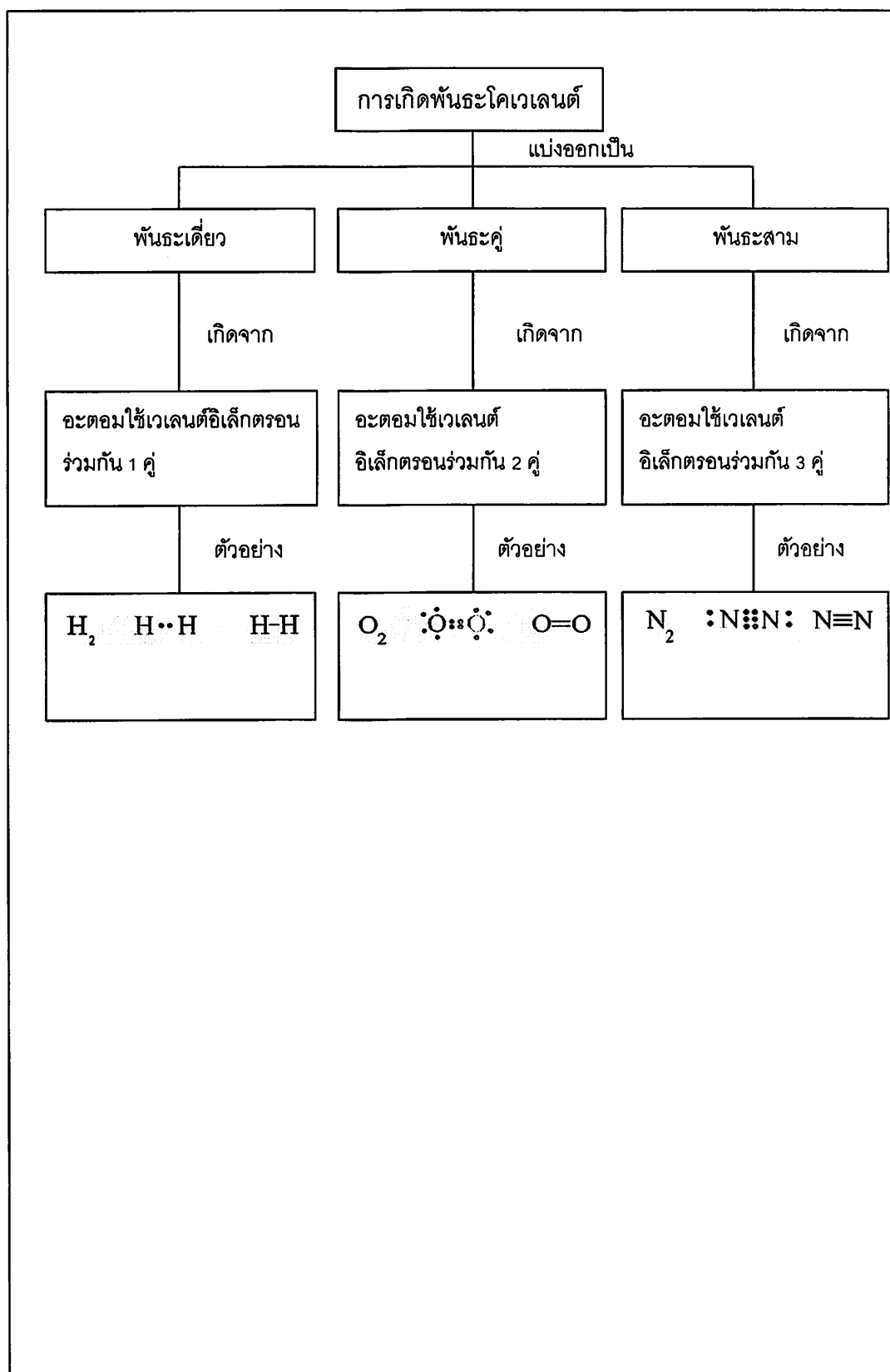
คำแสดงมโนทัศน์

การเกิดพันธะโคเวเลนต์	เกิดจาก	เกิดจาก
เกิดจาก		พันธะเดี่ยว
อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอน ร่วมกัน 2 คู่	แบ่งออกเป็น	อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอน ร่วมกัน 3 คู่
N_2 :N::N: N≡N	ตัวอย่าง	
พันธะสาม	O_2 :Ö::Ö: O=O	พันธะคู่
ตัวอย่าง		ตัวอย่าง
	อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอน ร่วมกัน 1 คู่	H_2 H••H H-H



117

(เฉลย ข้อ 2) แผนผังมโนทัศน์





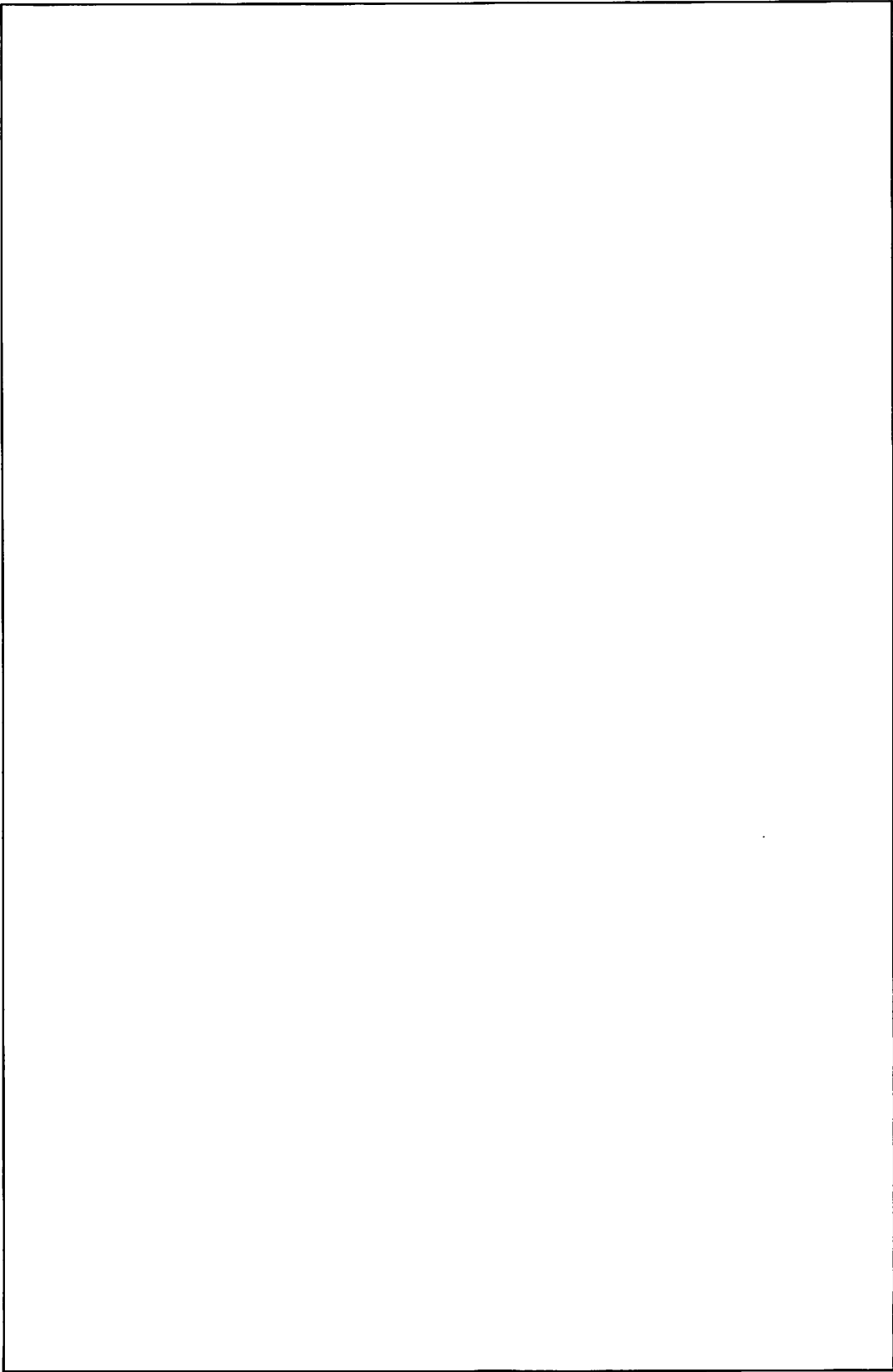
(ข้อที่ 3)

จุดประสงค์การเรียนรู้

3. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้

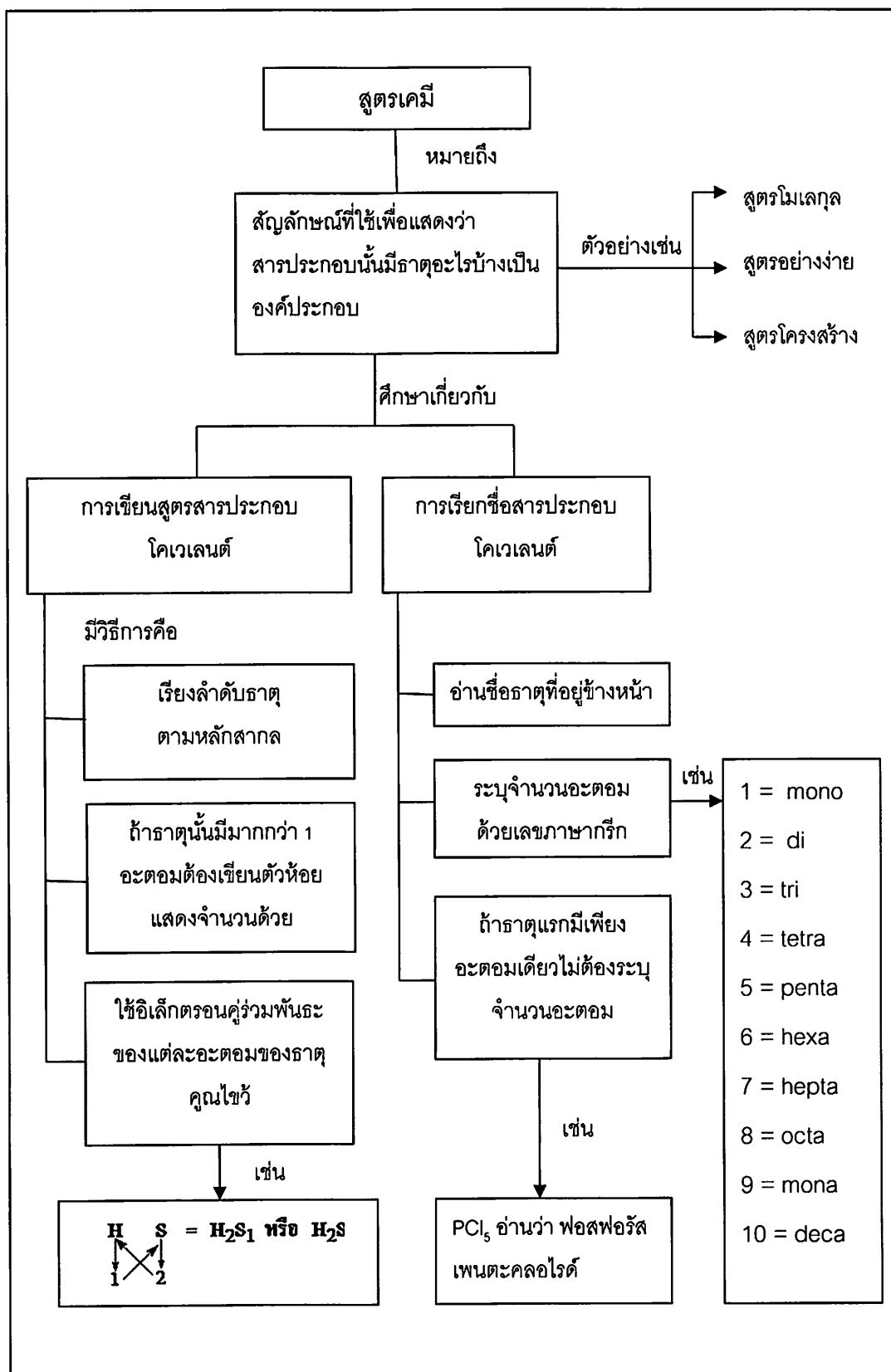
คำแสดงมโนทัศน์

การเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์	ศึกษาเกี่ยวกับ	เรียงลำดับธาตุตามหลักสากล
ถ้าธาตุนั้นมีมากกว่า 1 อะตอมต้องเขียนตัวห้อยแสดงจำนวนด้วย	การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	สัญลักษณ์ที่ใช้เพื่อแสดงว่าสารประกอบนั้นมีธาตุอะไรบ้างเป็นองค์ประกอบ
หมายถึง	สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง
มีวิธีการคือ	ระบุจำนวนอะตอมด้วยเลขภาษากรีก	ใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของแต่ละอะตอมของธาตุนั้นไขว้
ตัวอย่างเช่น	สูตรเคมี	เช่น
	เช่น	สูตรอย่างง่าย
ถ้าธาตุแรกมีเพียงอะตอมเดียวไม่ต้องระบุจำนวนอะตอม	 = H ₂ S ₁ หรือ H ₂ S	เช่น
อ่านชื่อธาตุที่อยู่ข้างหน้า	PCl ₅ อ่านว่า ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์	1 = mono 2 = di 3 = tri 4 = tetra 5 = penta 6 = hexa 7 = hepta 8 = octa 9 = mona 10 = deca



11111111111111111111

(เฉลย ข้อ 3) แผนผังมโนทัศน์



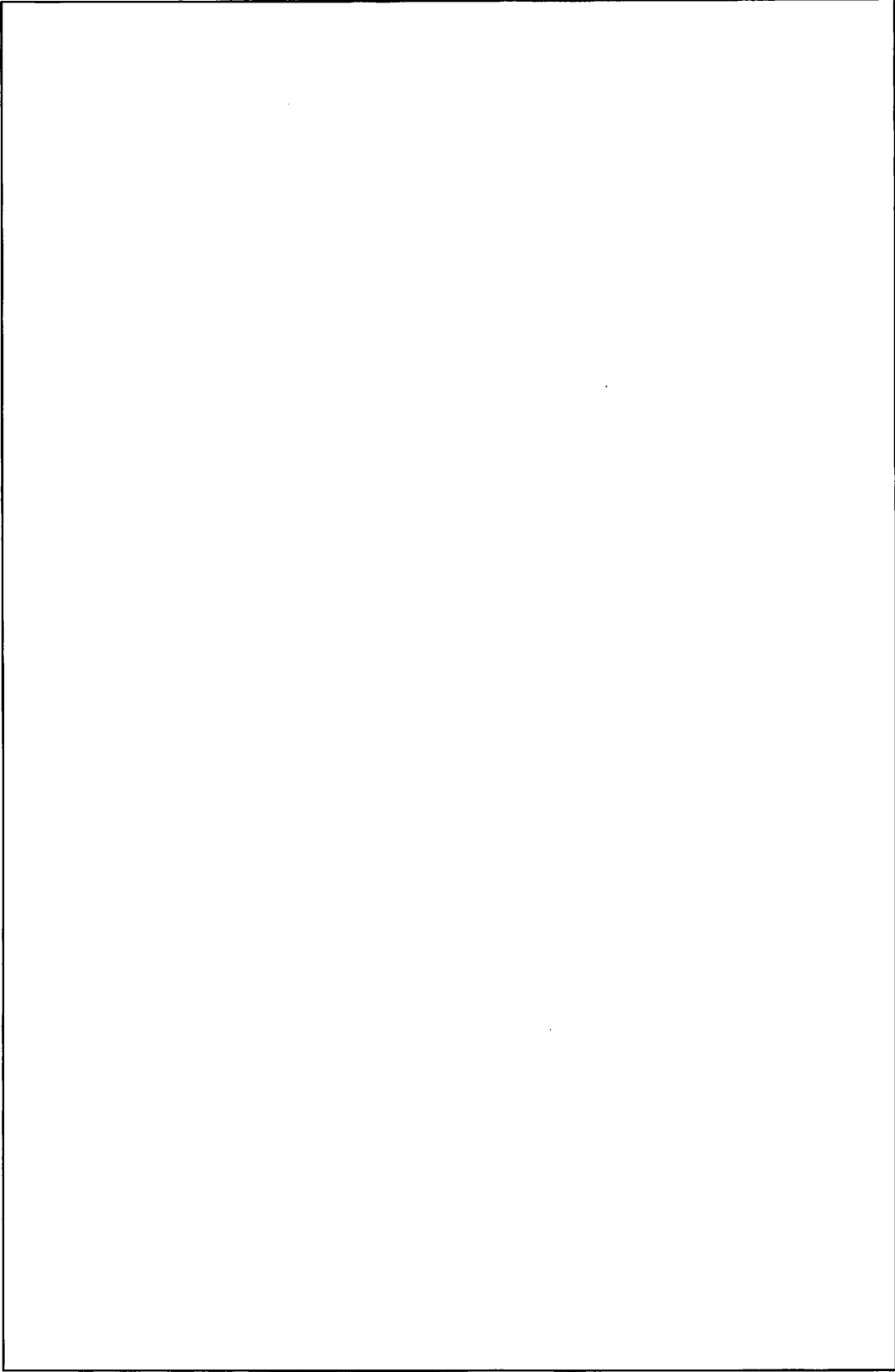
(ข้อที่ 4)

จุดประสงค์การเรียนรู้

4. ใช้ความรู้เรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้

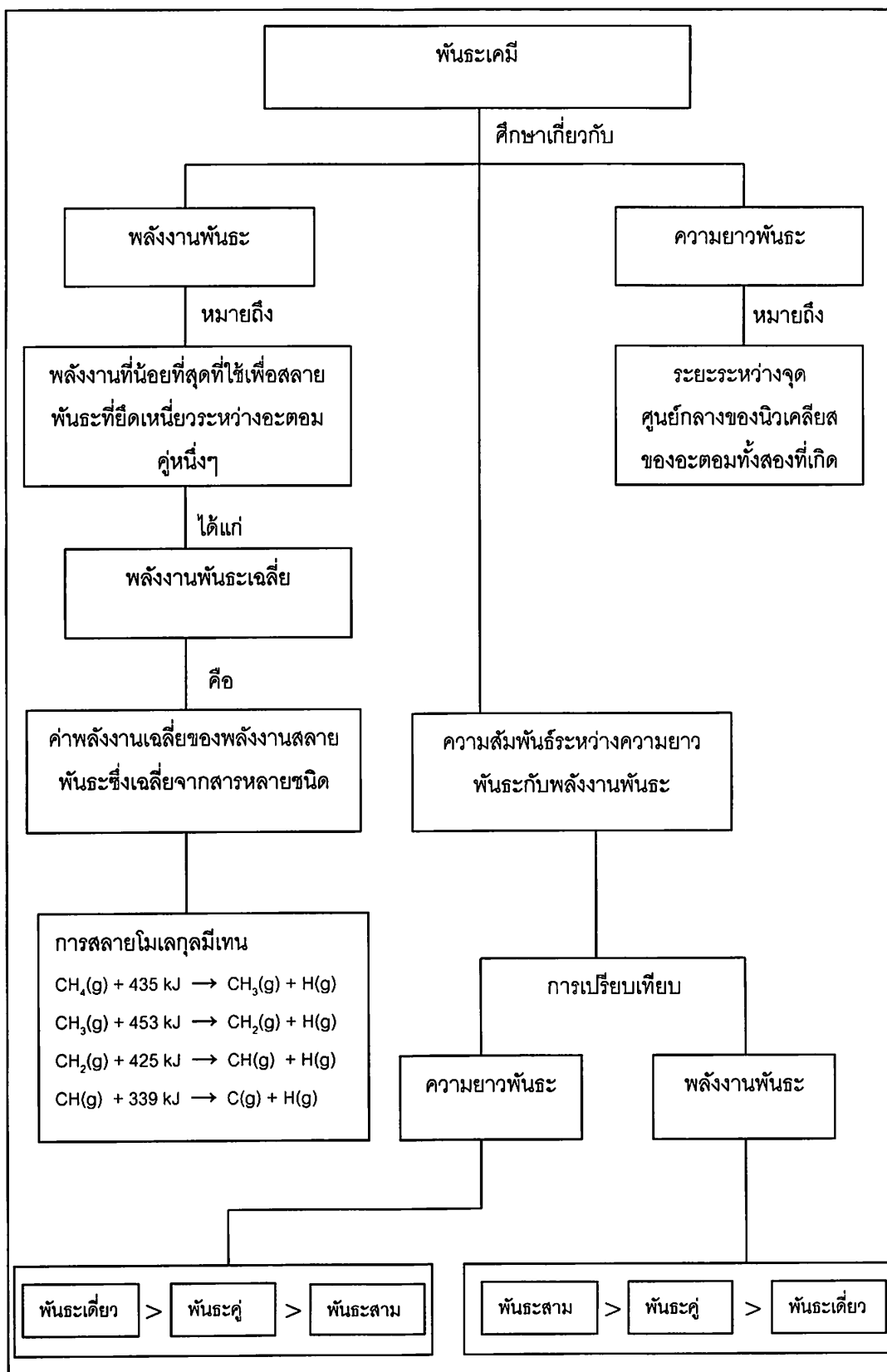
คำแสดงมโนทัศน์

การสลายโมเลกุลมีเทน $\text{CH}_4(\text{g}) + 435 \text{ kJ} \square \text{CH}_3(\text{g}) + \text{H}(\text{g})$ $\text{CH}_3(\text{g}) + 453 \text{ kJ} \square \text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}(\text{g})$ $\text{CH}_2(\text{g}) + 425 \text{ kJ} \square \text{CH}(\text{g}) + \text{H}(\text{g})$ $\text{CH}(\text{g}) + 339 \text{ kJ} \square \text{C}(\text{g}) + \text{H}(\text{g})$	ค่าพลังงานเฉลี่ยของพลังงาน สลายพันธะซึ่งเฉลี่ยจากสาร หลายชนิด	พลังงานที่น้อยที่สุดที่ใช้เพื่อ สลายพันธะที่ยึดเหนี่ยว ระหว่างอะตอมคู่หนึ่งๆ
คือ	หมายถึง	การเปรียบเทียบ
พลังงานพันธะ	ได้แก่	พลังงานพันธะเฉลี่ย
ความยาวพันธะ	ศึกษาเกี่ยวกับ	พันธะสาม > พันธะคู่ > พันธะ เดี่ยว
พลังงานพันธะ	พันธะเดี่ยว > พันธะคู่ > พันธะ สาม	พันธะเคมี
ความสัมพันธ์ระหว่างความ ยาวพันธะกับพลังงานพันธะ	ความยาวพันธะ	หมายถึง
	ระยะระหว่างจุดศูนย์กลาง ของนิวเคลียสของอะตอมทั้ง สองที่เกิดพันธะกัน	



11111111111111111111

(เฉลย ข้อ 4) แผนผังมโนทัศน์



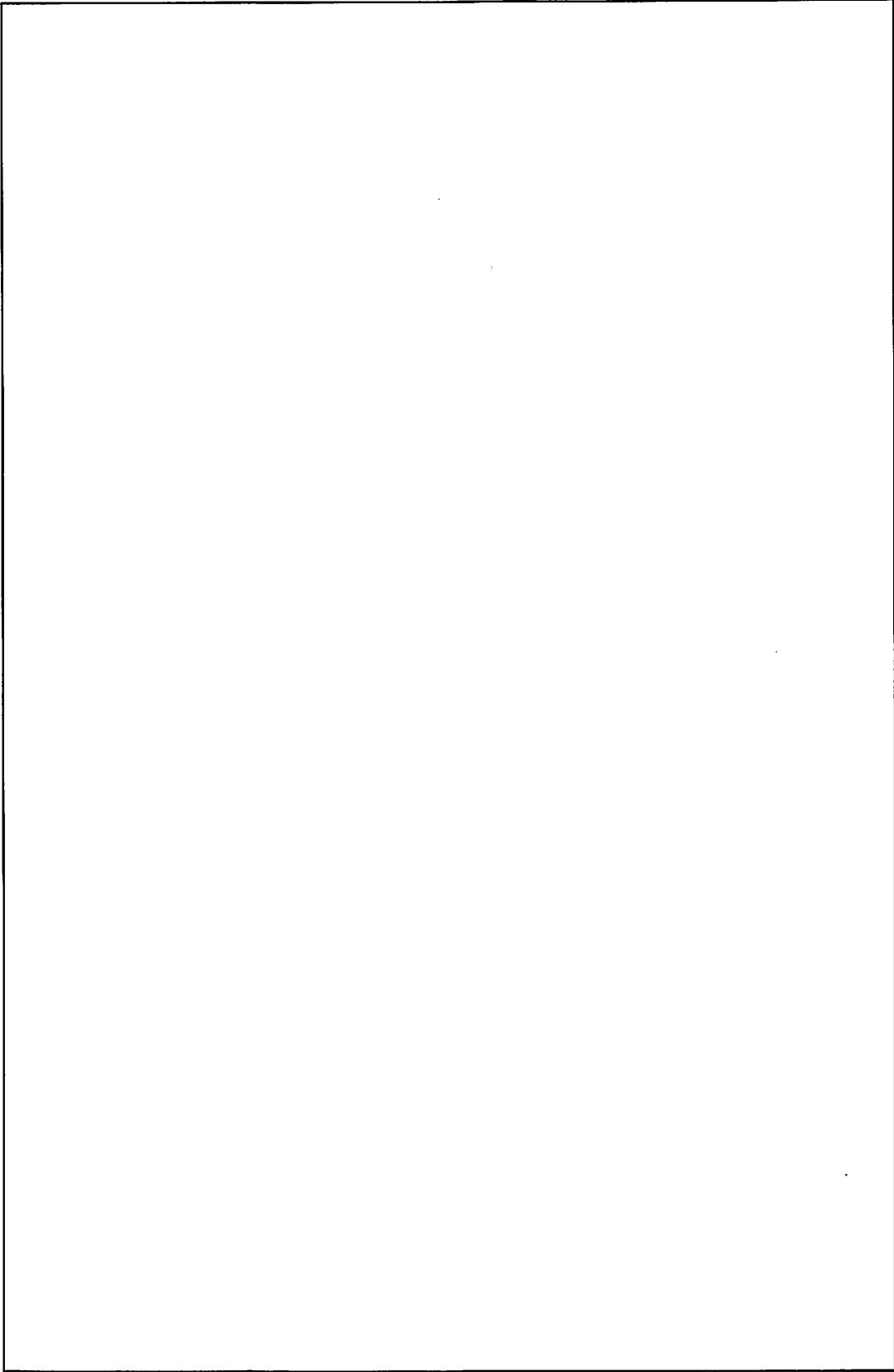
(ข้อที่ 5)

จุดประสงค์การเรียนรู้

5. ใช้ค่าพลังงานพันธะคำนวณหาพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้

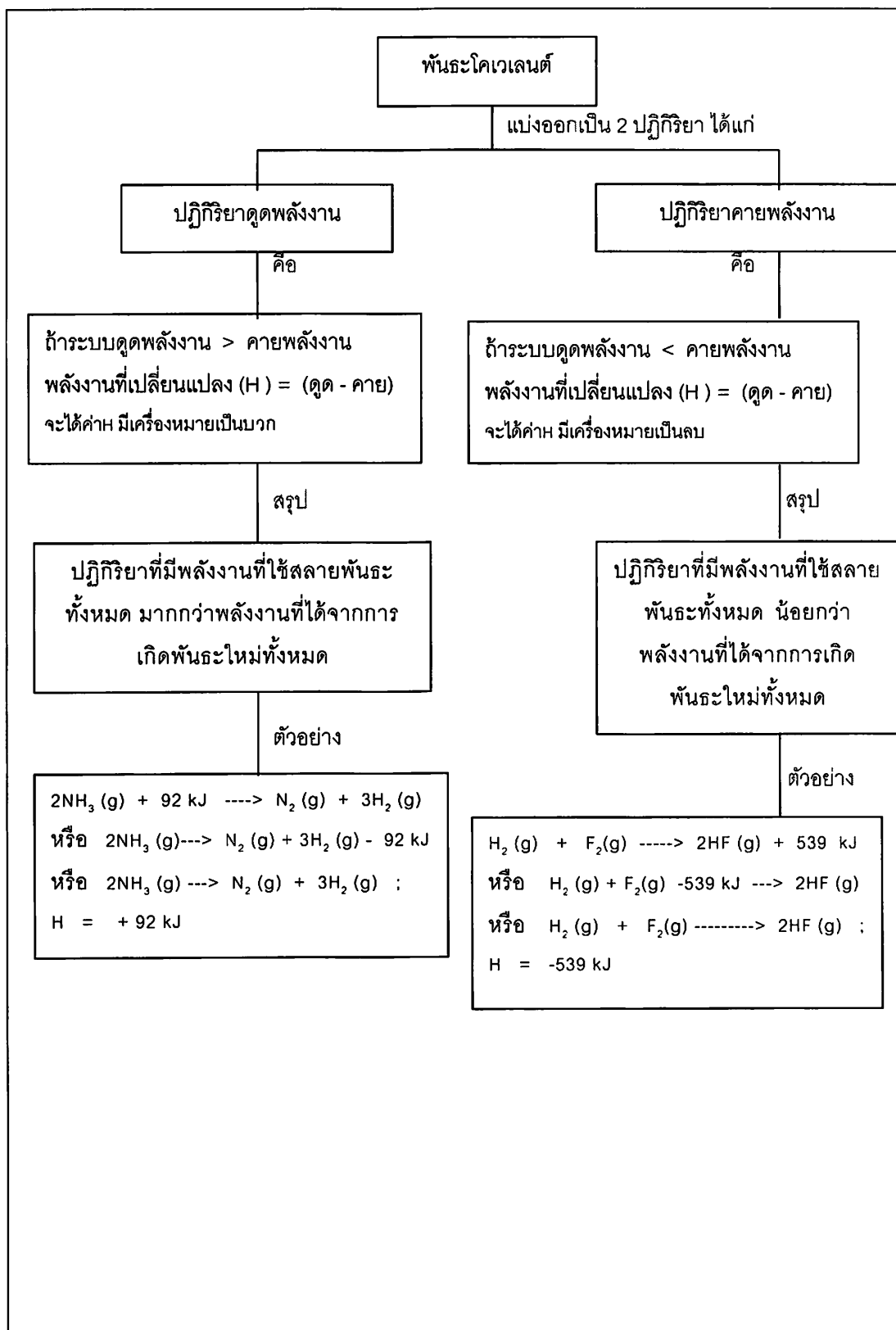
ค่าแสดงมโนทัศน์

สรุป	คือ	สรุป
พันธะโคเวเลนต์	ถ้าระบบดูดพลังงาน < คายพลังงาน พลังงานที่เปลี่ยนแปลง (H) = (ดูด - คาย) จะได้ค่า H มีเครื่องหมายเป็นลบ	ปฏิกิริยาดูดพลังงาน
ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	ปฏิกิริยาคายพลังงาน
ถ้าระบบดูดพลังงาน > คายพลังงาน พลังงานที่เปลี่ยนแปลง (H) = (ดูด - คาย) จะได้ค่า H มีเครื่องหมายเป็นบวก	แบ่งออกเป็น 2 ปฏิกิริยา ได้แก่	ปฏิกิริยาที่มีพลังงานที่ใช้ สลายพันธะทั้งหมด น้อย กว่าพลังงานที่ได้จากการ เกิดพันธะใหม่ทั้งหมด
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HF}(\text{g}) + 539 \text{ kJ}$ หรือ $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) - 539 \text{ kJ} \rightarrow 2\text{HF}(\text{g})$ หรือ $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HF}(\text{g}) ; H = -539 \text{ kJ}$	ปฏิกิริยาที่มีพลังงานที่ใช้ สลายพันธะทั้งหมด มากกว่าพลังงานที่ได้จาก การเกิดพันธะใหม่ทั้งหมด	$2\text{NH}_3(\text{g}) + 92 \text{ kJ} \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ หรือ $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) - 92 \text{ kJ}$ หรือ $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) ; H = +92 \text{ kJ}$



126

(เฉลย ข้อ 5) แผนผังมโนทัศน์






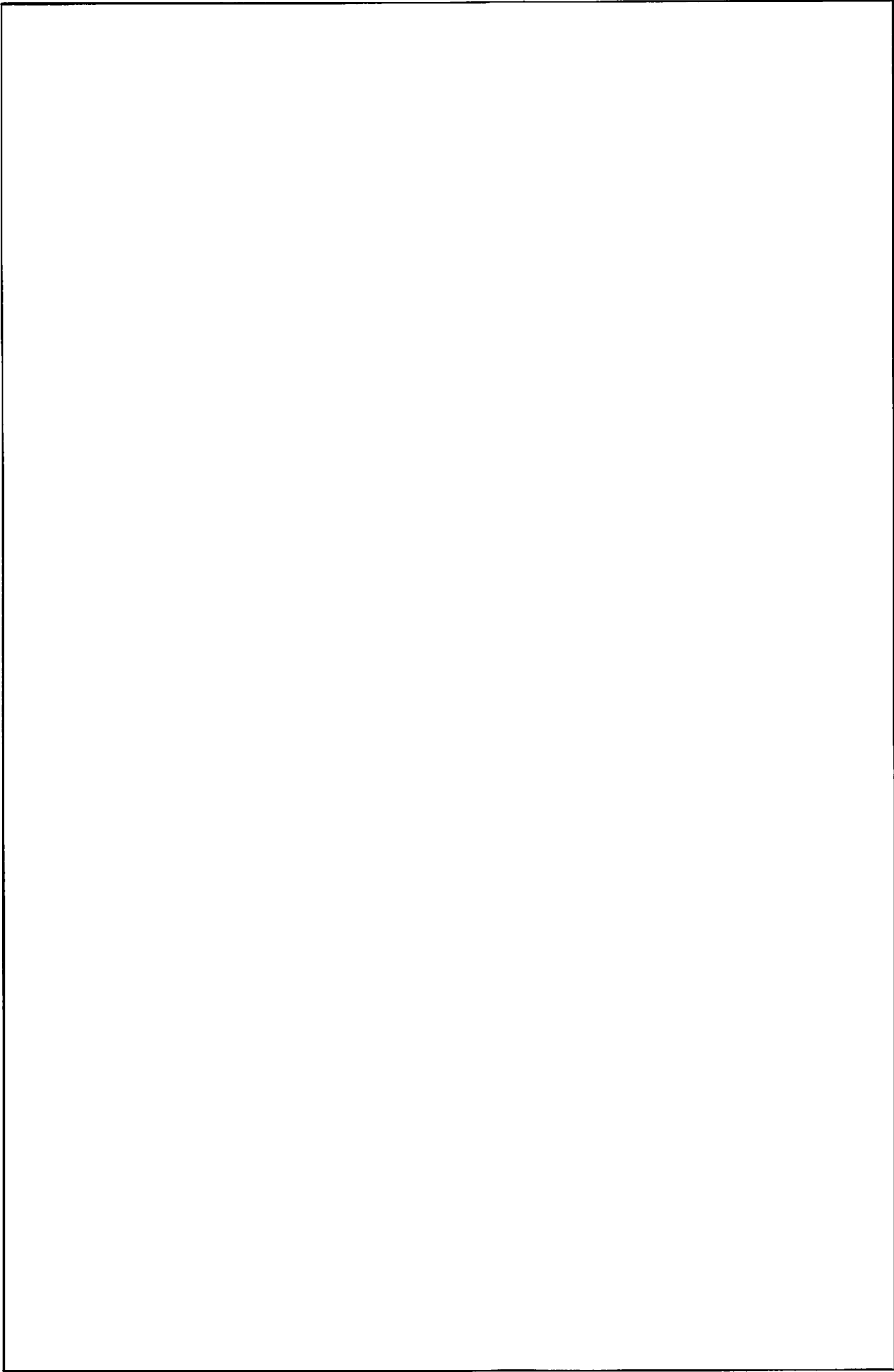
(ข้อที่ 6)

จุดประสงค์การเรียนรู้

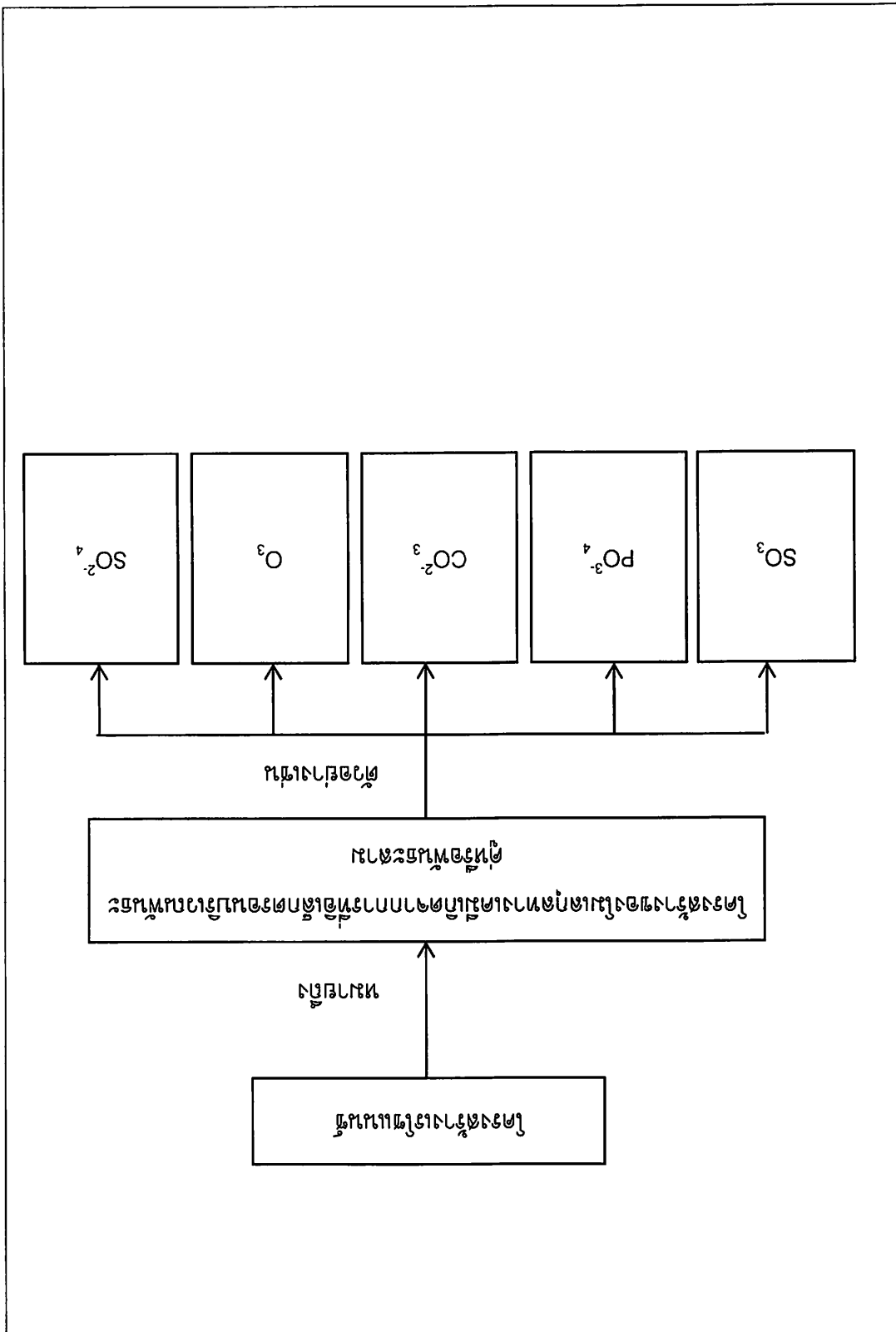
6. อธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ได้

ค่าแสดงมโนทัศน์

โครงสร้างเรโซแนนซ์	โครงสร้างของโมเลกุลทางเคมี เกิดจากการที่อิเล็กตรอน บริเวณพันธะคู่หรือพันธะสาม	SO_3
PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	O_3
SO_4^{2-}	ตัวอย่างเช่น	หมายถึง
		



129



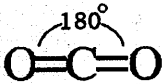
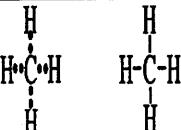
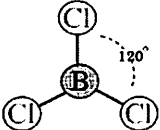
រូបភាពទី១១១ (១១១) ផែនការប្រយុទ្ធនឹងការបំពុលបរិស្ថាន

(ข้อที่ 7)



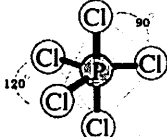
จุดประสงค์การเรียนรู้

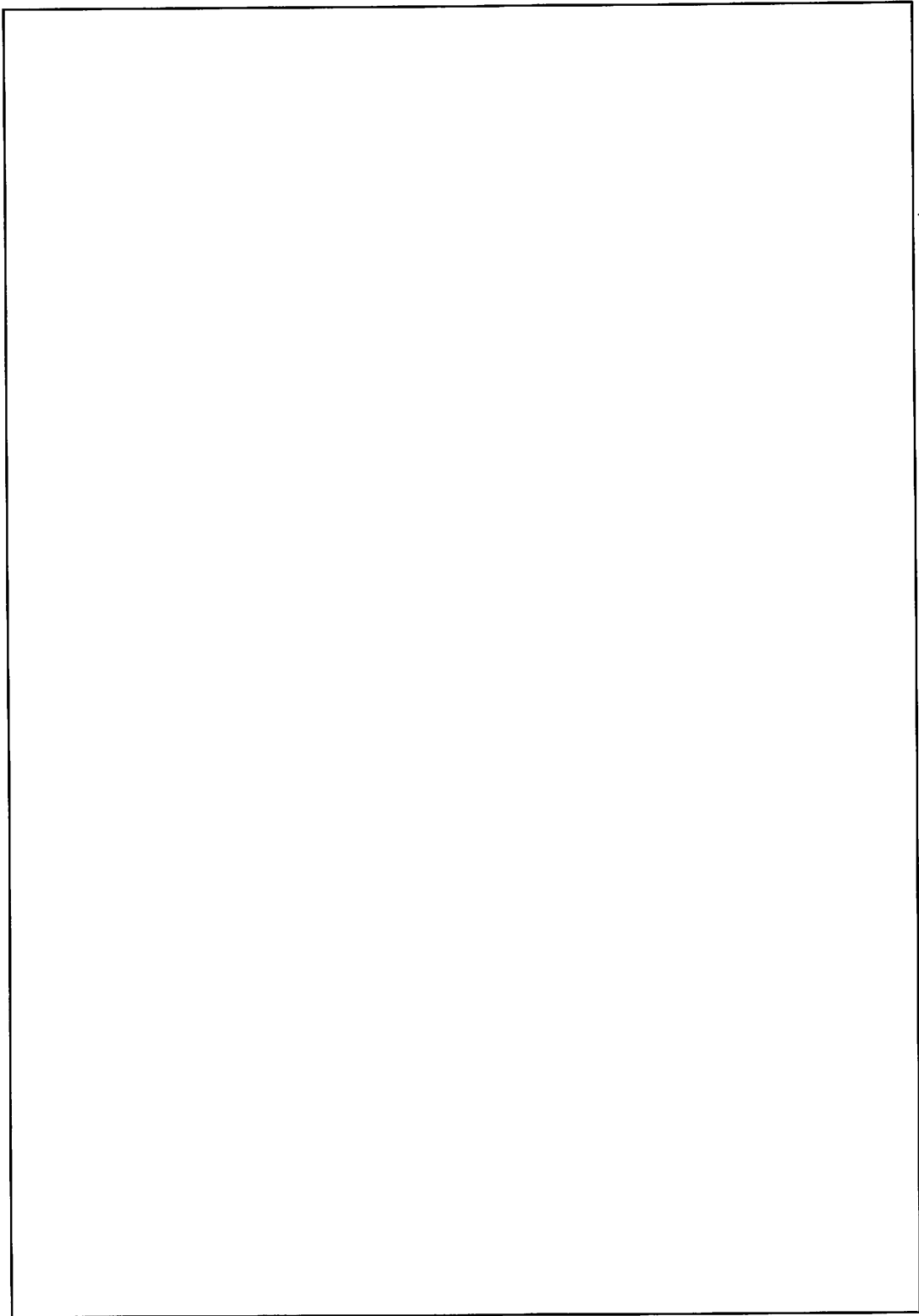
7. ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเขียนแสดงด้วยโครงสร้างลิวอิสได้

คำแสดงมโนทัศน์

คือ	รูปร่างโมเลกุลที่ควร รู้จัก	รูปทรงแปดหน้า
ทิศทางของพันธะโคเวเลนต์ , ความยาวพันธะ , และมุม ระหว่างพันธะโคเวเลนต์รอบ อะตอมกลาง	ทิศทางของพันธะขึ้นอยู่กับ - แรงผลักระหว่างพันธะรอบ อะตอมกลาง เพื่อให้ห่างกัน มากที่สุด - แรงผลักรของอิเล็กตรอนคู่ อิสระของอะตอมกลางที่มีต่อ พันธะรอบอะตอมกลางแรงนี้ มีค่ามากกว่าแรงที่พันธะผลักร กันเอง	รูปร่างโมเลกุลโคเว เลนต์
ทรงสี่หน้า	ศึกษาเกี่ยวกับ	ซึ่งได้แก่
พันธะโคเวเลนต์	เส้นตรง	พีระมิดคู่ฐาน สามเหลี่ยม
สามเหลี่ยมแบนราบ	คือ	โดย
ตัวอย่าง	คือ	ตัวอย่าง
ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	เกิดขึ้นจาก
		ตัวอย่าง
คือ		

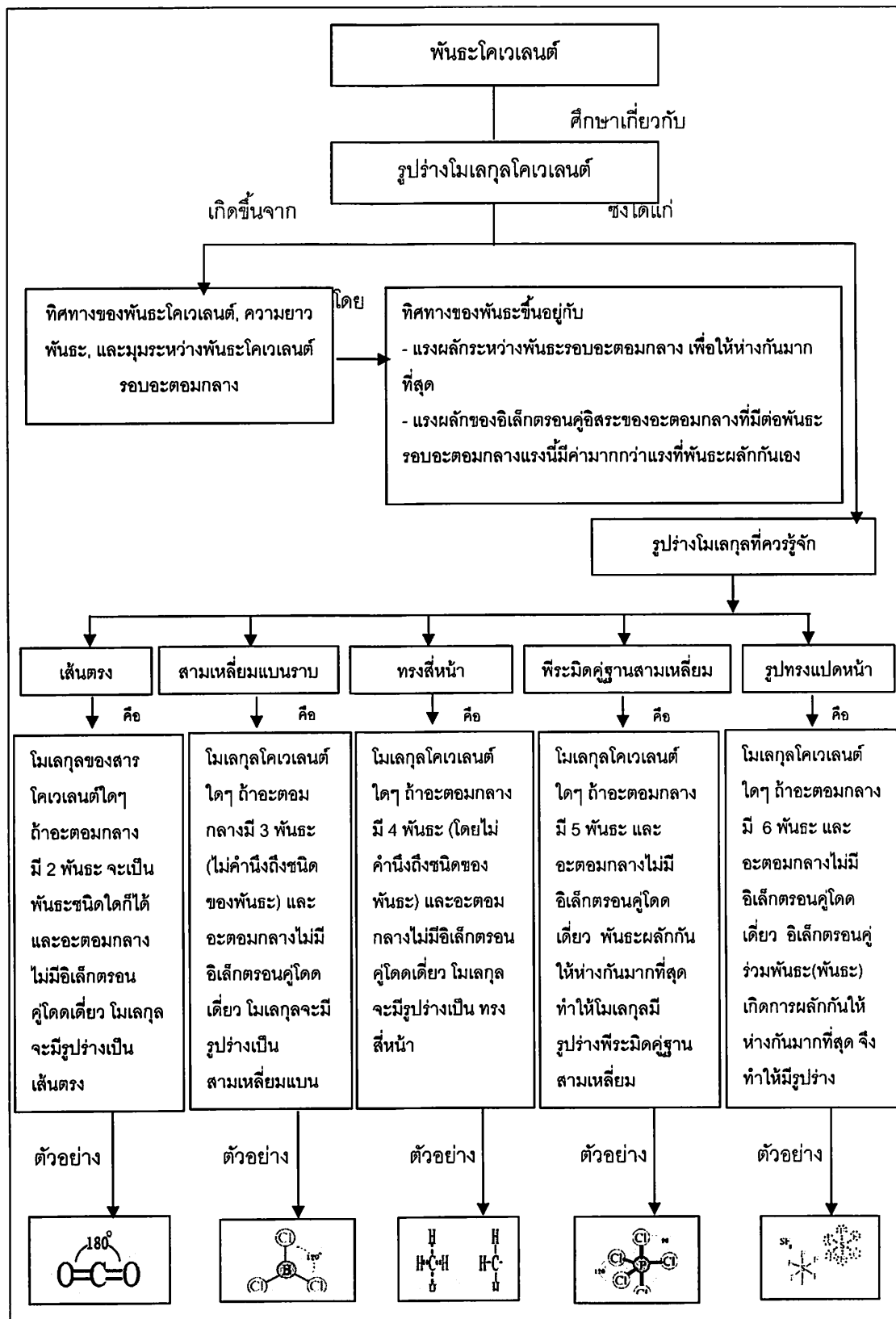
ค่าแสดงมโนทัศน์

<p>โมเลกุลของสารโคเวเลนต์ใดๆ ถ้าอะตอมกลางมี 2 พันธะ จะเป็นพันธะชนิดใดก็ได้ และอะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โมเลกุลจะมีรูปร่างเป็นเส้นตรง โมเลกุลโคเวเลนต์ใดๆ ถ้าอะตอมกลางมี 5 พันธะ และอะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว พันธะ ผลักกันให้ห่างกันมากที่สุด ทำให้โมเลกุลมีรูปร่างพีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม</p>	<p>โมเลกุลโคเวเลนต์ใดๆ ถ้าอะตอมกลางมี 4 พันธะ (โดยไม่คำนึงถึงชนิดของพันธะ) และอะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โมเลกุลจะมีรูปร่างเป็น ทรงสี่หน้าโมเลกุลโคเวเลนต์ใดๆ ถ้าอะตอมกลางมี 6 พันธะ และอะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ(พันธะ) เกิดการผลักกันให้ห่างกันมากที่สุด จึงทำให้มีรูปร่างโมเลกุลเป็นรูปทรงแปดหน้า</p>	<p>โมเลกุลโคเวเลนต์ใดๆ ถ้าอะตอมกลางมี 3 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดของพันธะ) และอะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โมเลกุลจะมีรูปร่างเป็น สามเหลี่ยมแบนราบ</p>
		



የግል ገቢዎችን ለመደመድ

(เฉลย ข้อ 7) แผนผังมโนทัศน์



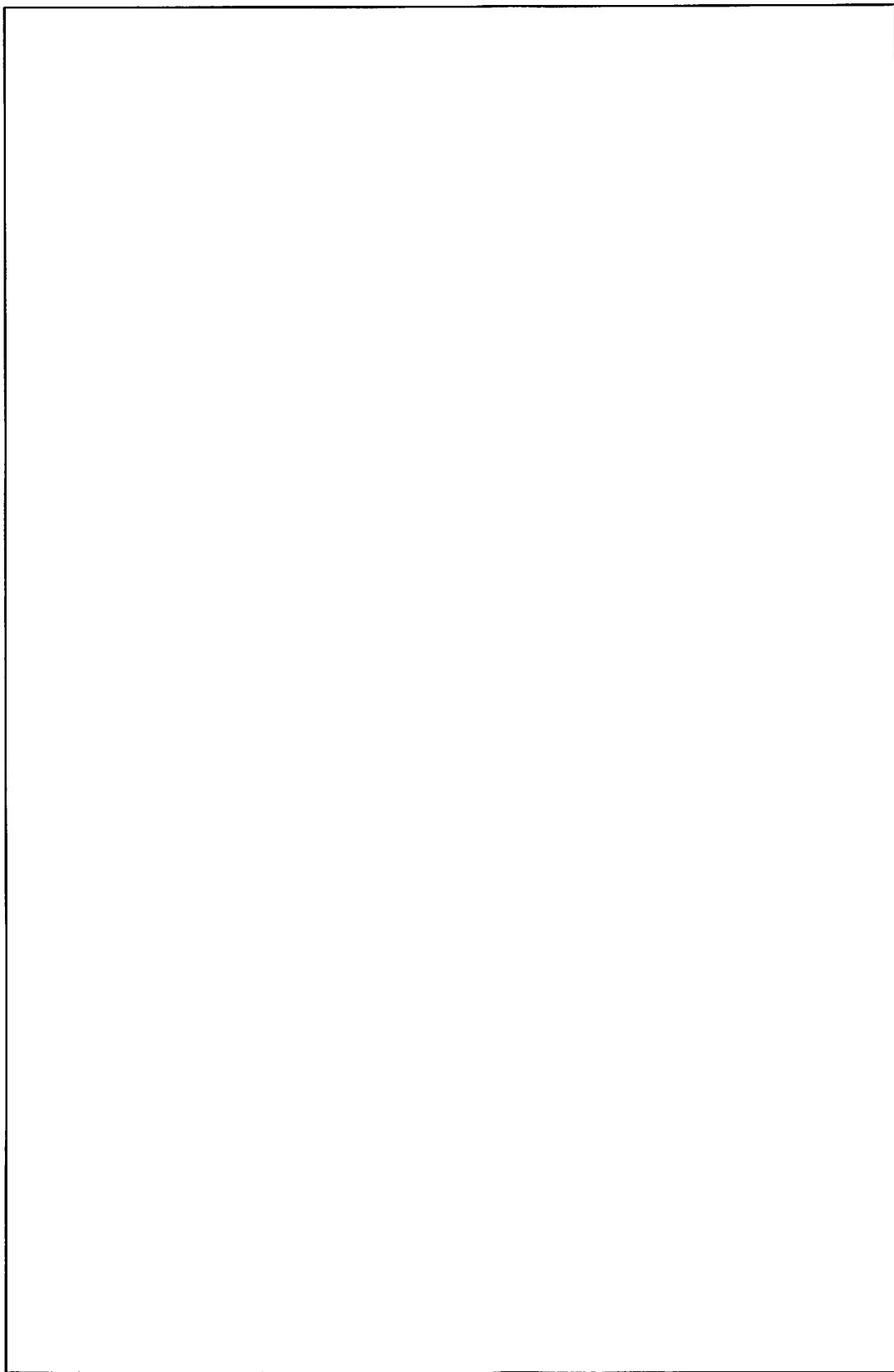
(ข้อที่ 8)

จุดประสงค์การเรียนรู้

8. อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

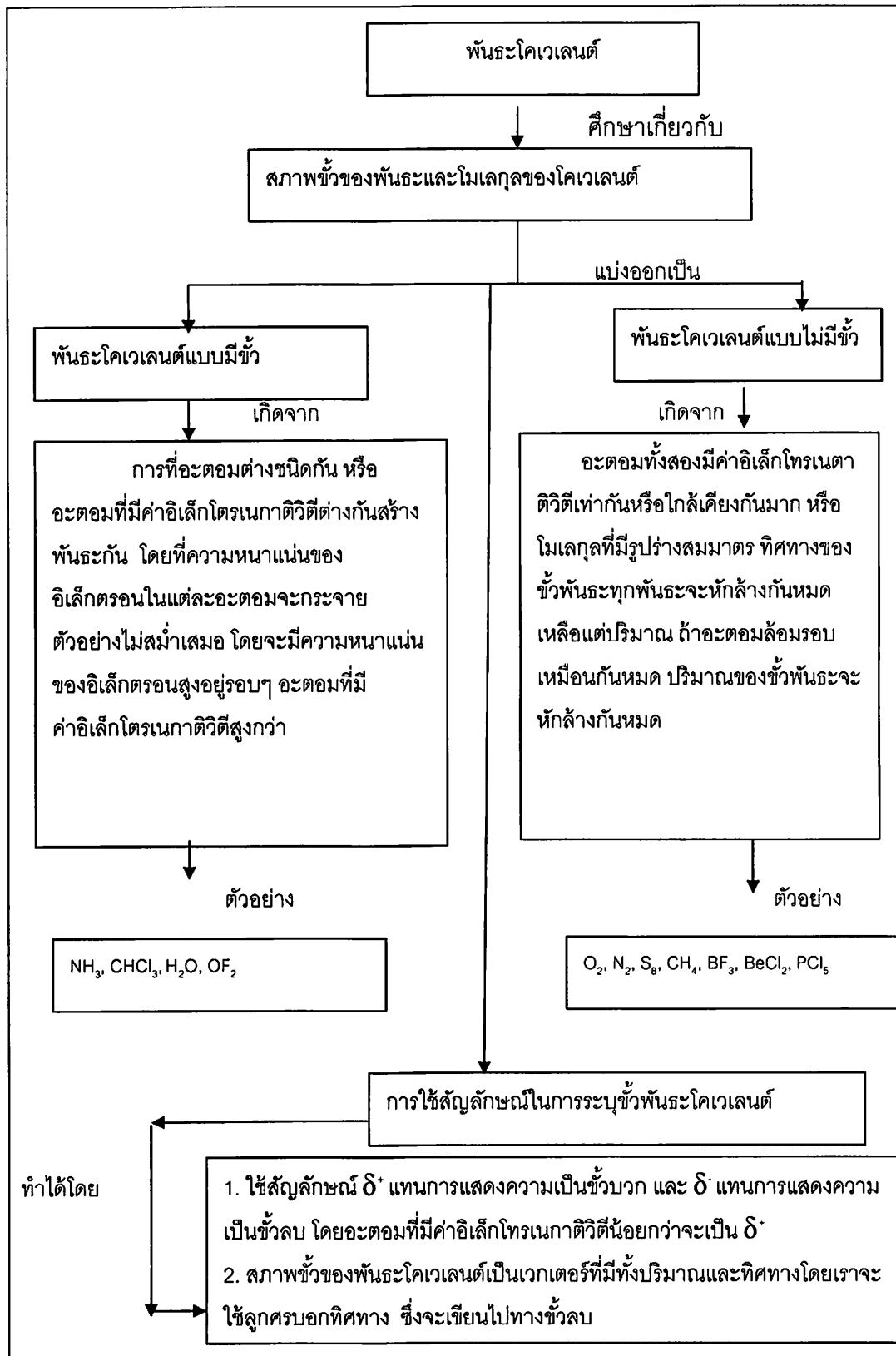
คำแสดงมโนทัศน์

พันธะโคเวเลนต์แบบมีขั้ว	เกิดจาก	NH_3 , CHCl_3 , H_2O , OF_2
การใช้สัญลักษณ์ในการระบุขั้วพันธะโคเวเลนต์	ตัวอย่าง	ศึกษาเกี่ยวกับ
พันธะโคเวเลนต์แบบไม่มีขั้ว	พันธะโคเวเลนต์	ทำได้โดย
การที่อะตอมต่างชนิดกันหรืออะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่างกันสร้างพันธะกัน โดยที่ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในออตละอะตอมจะกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนสูงอยู่รอบๆ อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงกว่า	1. ใช้สัญลักษณ์ δ^+ แทนการแสดงความเป็นขั้วบวก และ δ^- แทนการแสดงความเป็นขั้วลบ โดยอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีน้อยกว่าจะเป็น δ^+ 2. สภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์เป็นเวกเตอร์ที่มีทั้งปริมาณและทิศทางโดยเราจะใช้ลูกศรบอกทิศทาง ซึ่งจะเขียนไปทางขั้วลบ	อะตอมทั้งสองมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก หรือโมเลกุลที่มีรูปร่างสมมาตร ทิศทางของขั้วพันธะทุกพันธะจะหักล้างกันหมดเหลือแต่ปริมาณ ถ้าอะตอมล้อมรอบเหมือนกัน ปริมาณของขั้วพันธะจะหักล้างกันหมด
O_2 , N_2 , S_8 , CH_4 , BF_3 , BeCl_2 , PCl_5	เกิดจาก	ตัวอย่าง



ᄀᄃᄃᄃᄃᄃᄃᄃᄃ

(เฉลย ข้อ 8) แผนผังมโนทัศน์



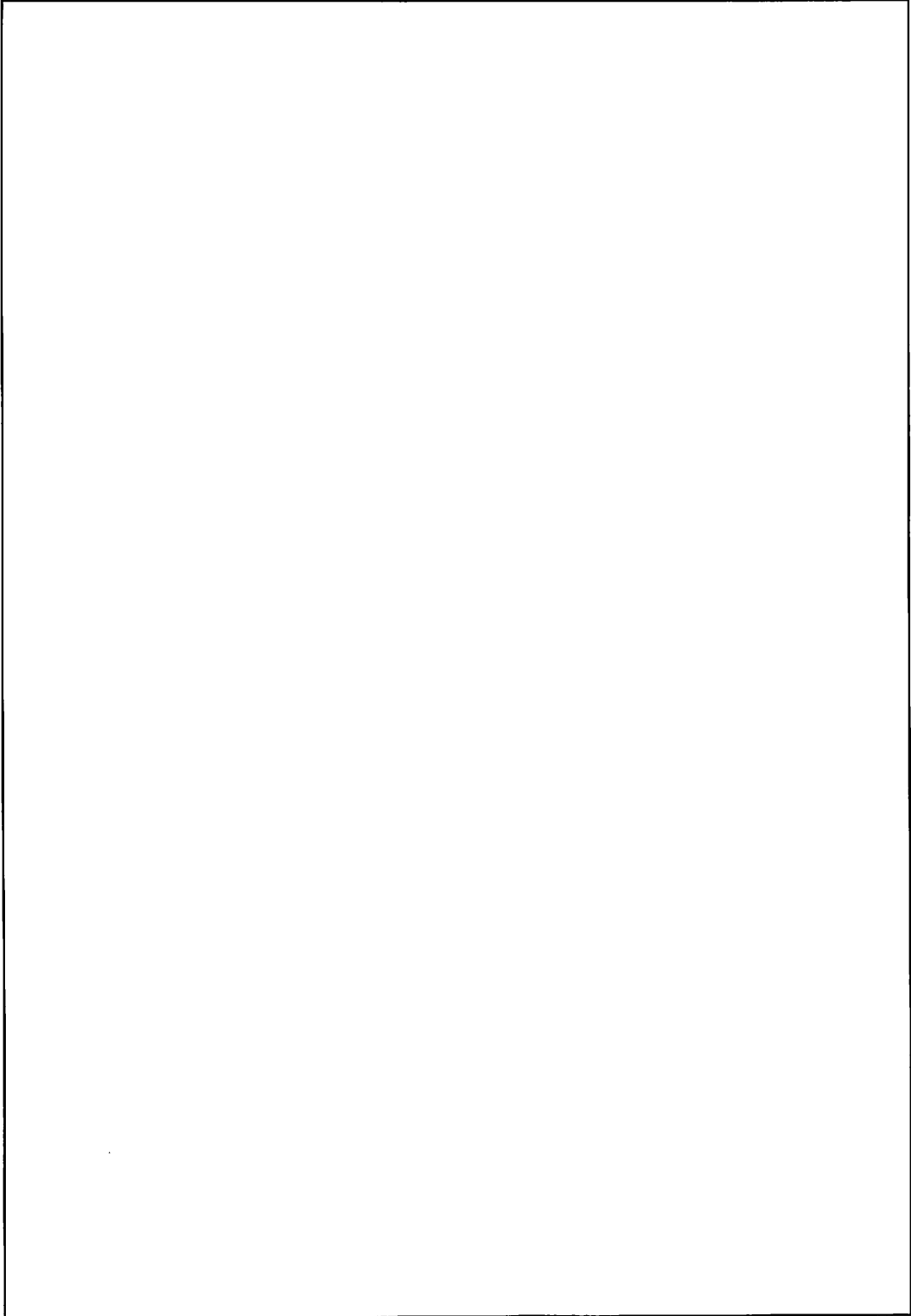
(ข้อที่ 9)

จุดประสงค์การเรียนรู้

9. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ได้

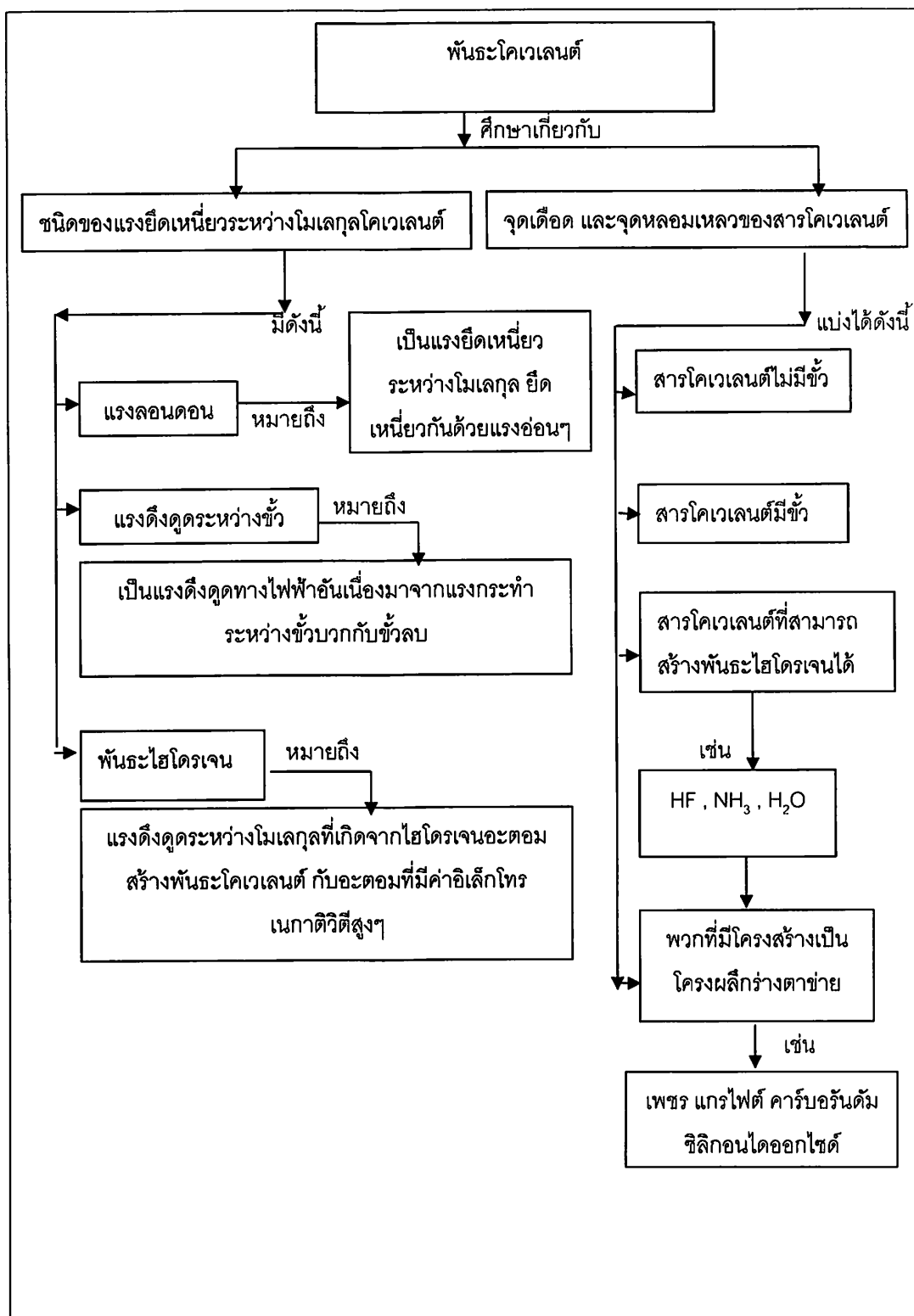
คำแสดงมโนทัศน์

พันธะโคเวเลนต์	ศึกษาเกี่ยวกับ	ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์
หมายถึง	แรงลอนดอน	เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงอ่อนๆ
เป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าอันเนื่องมาจากแรงกระทำระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบ	แรงดึงดูดระหว่างขั้ว	แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากไฮโดรเจนอะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์ กับอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงๆ
หมายถึง	มีดังนี้	หมายถึง
สารโคเวเลนต์มีขั้ว	สารโคเวเลนต์ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้	พันธะไฮโดรเจน
แบ่งได้ดังนี้	HF , NH ₃ , H ₂ O	สารโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว
พวกที่มีโครงสร้างเป็นโครงผลึกράงตาข่าย	จุดเดือด และจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์	เช่น
เพชร แกรไฟต์ คาร์บอนดำ ซิลิกอนไดออกไซด์	เช่น	



139

(เฉลย ข้อ 9) แผนผังมโนทัศน์



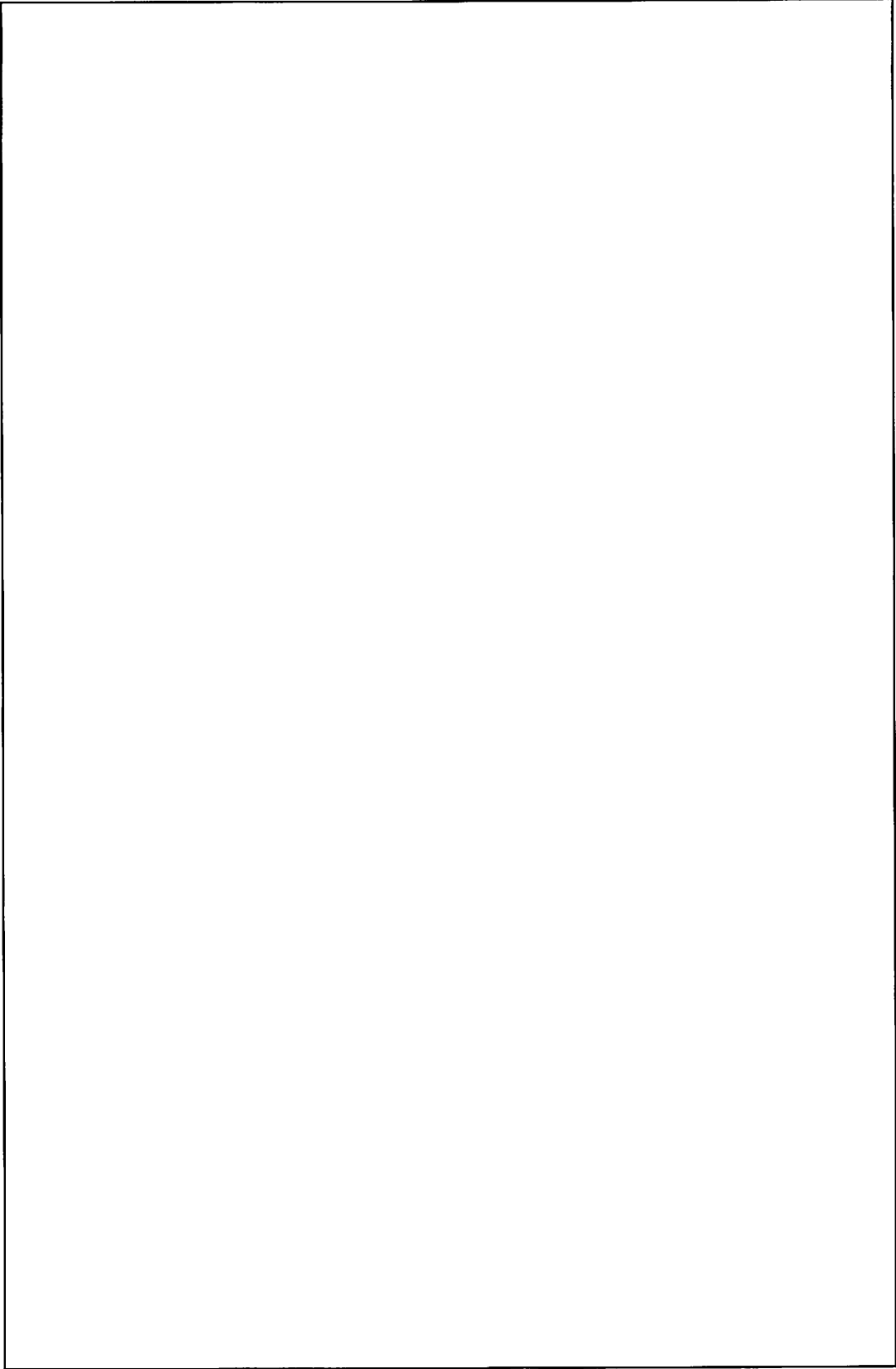
(ข้อที่ 10)

จุดประสงค์การเรียนรู้

10. บอกสมบัติที่แตกต่างกันของสารโคเวเลนต์ประเภทโมเลกุลไม่มีขั้ว โมเลกุลมีขั้วและโครงร่างผลึกตาข่าย

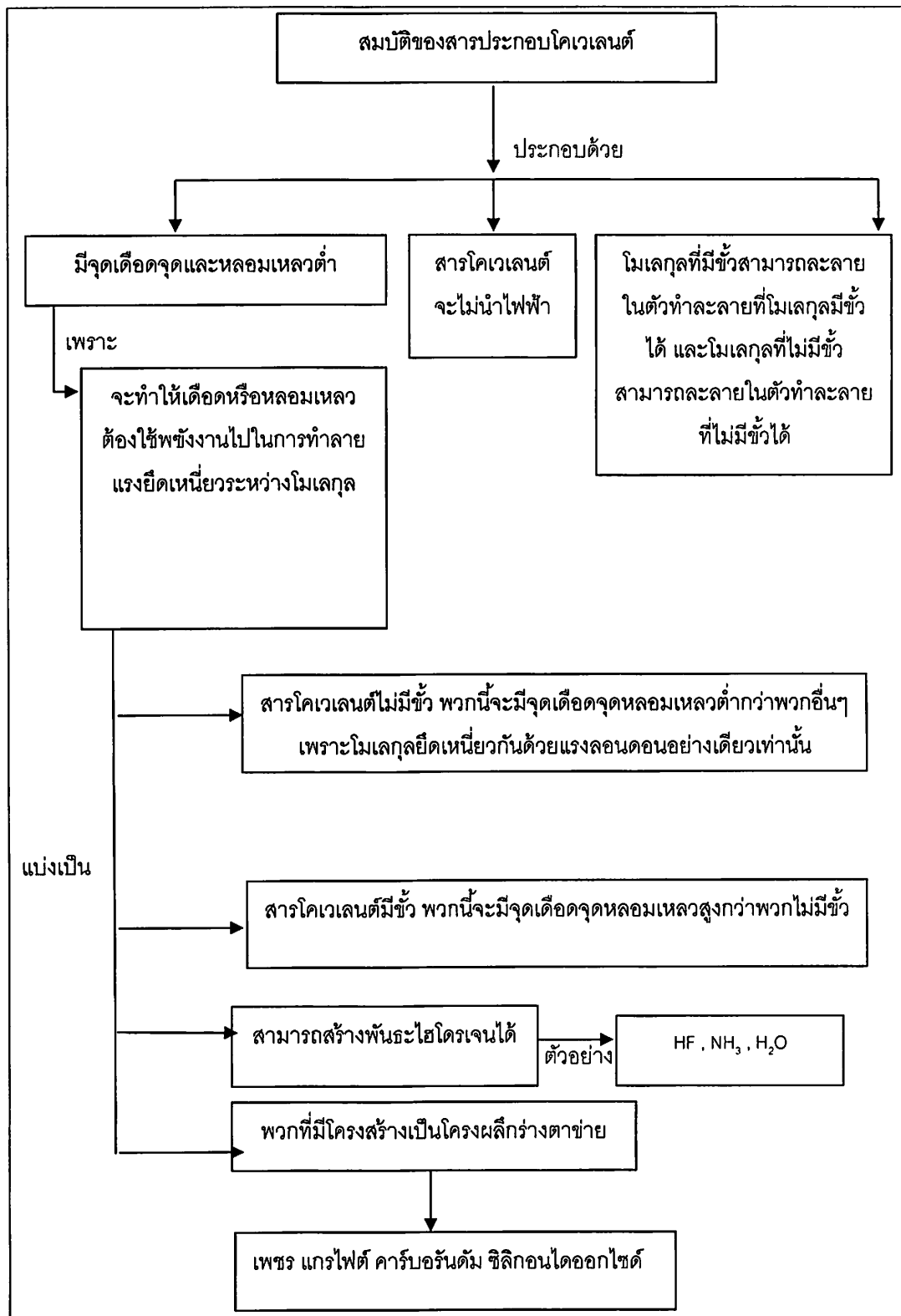
คำแสดงมโนทัศน์

จุดเดือดจุดและหลอมเหลวต่ำ	เพราะ	ประกอบด้วย
สารโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว พวกนี้จะมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำกว่าพวกอื่นๆ เพราะโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงลอนดอนอย่างเดียวเท่านั้น	โมเลกุลที่มีขั้วสามารถละลายในตัวทำละลายที่โมเลกุลมีขั้วได้ และโมเลกุลที่ไม่มีขั้วสามารถละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วได้	จะทำให้เดือดหรือหลอมเหลวต้องใช้พลังงานไปในการทำละลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล
แบ่งเป็น	สมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์	ตัวอย่าง
สารโคเวเลนต์มีขั้ว พวกนี้จะมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่าพวกไม่มีขั้ว	พวกที่มีโครงสร้างเป็นโครงผลึกตาข่าย	HF , NH ₃ , H ₂ O
สารโคเวเลนต์จะไม่นำไฟฟ้า	สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้	ตัวอย่างเช่น



ԱՄԵՐԻԿԱՆ ԲԱՆԿ

(เฉลย ข้อ 10) แผนผังมโนทัศน์



(ข้อที่ 11)

จุดประสงค์การเรียนรู้

11. อธิบาย การเกิดไอออน การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้

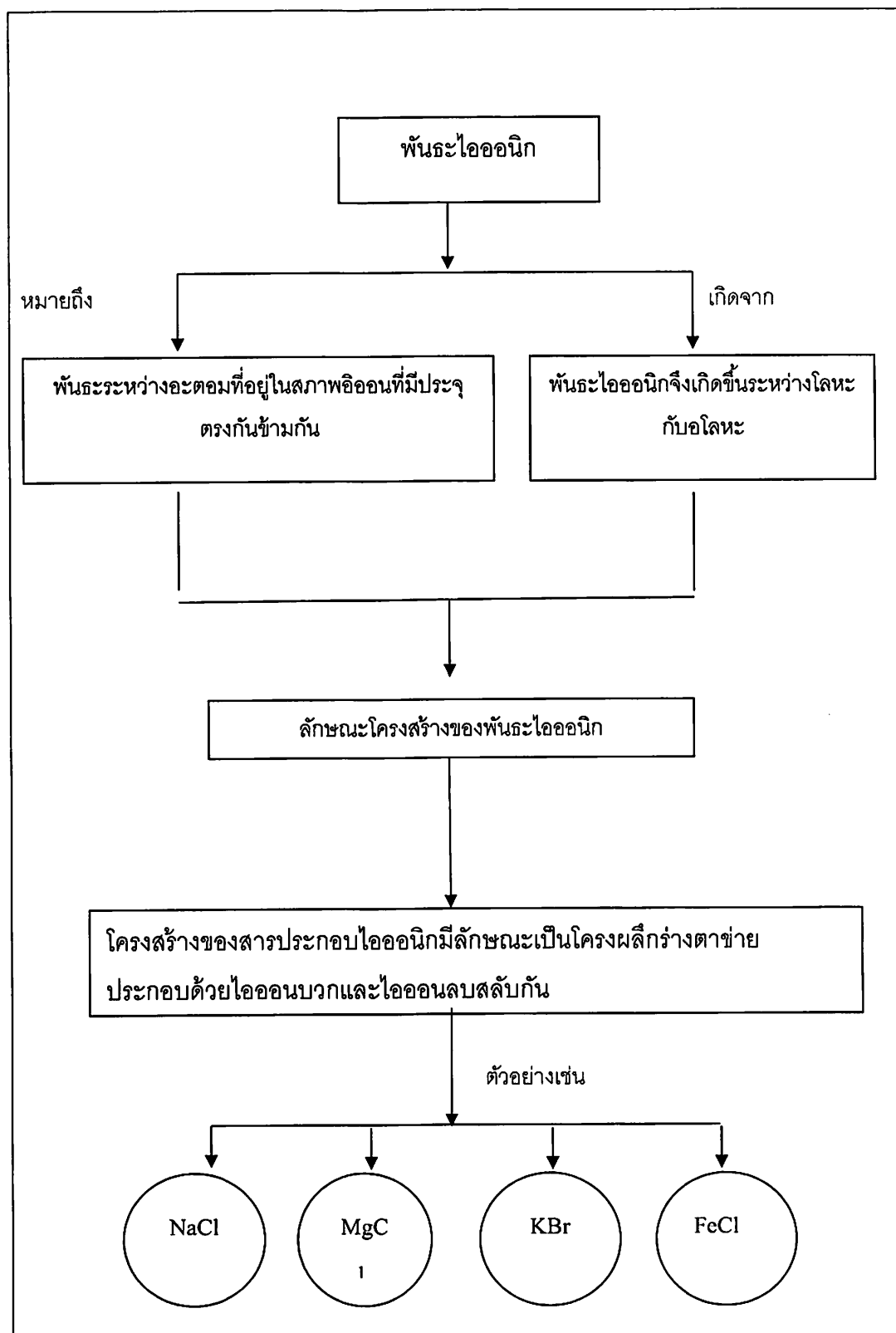
คำแสดงมโนทัศน์

เกิดจาก	$MgCl_2$	หมายถึง
ลักษณะโครงสร้างของพันธะไอออนิก	พันธะระหว่างอะตอมที่อยู่ในสภาพไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามกัน	พันธะไอออนิกจึงเกิดขึ้นระหว่างโลหะกับอโลหะ
โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโครงผลึกร่างตาข่าย ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบสลับกัน	พันธะไอออนิก	ตัวอย่างเช่น
NaCl	KBr	FeCl



၂၆၇၇၅၅၅၅၅၅၅၅၅၅

(เฉลย ข้อ 11) แผนผังมโนทัศน์





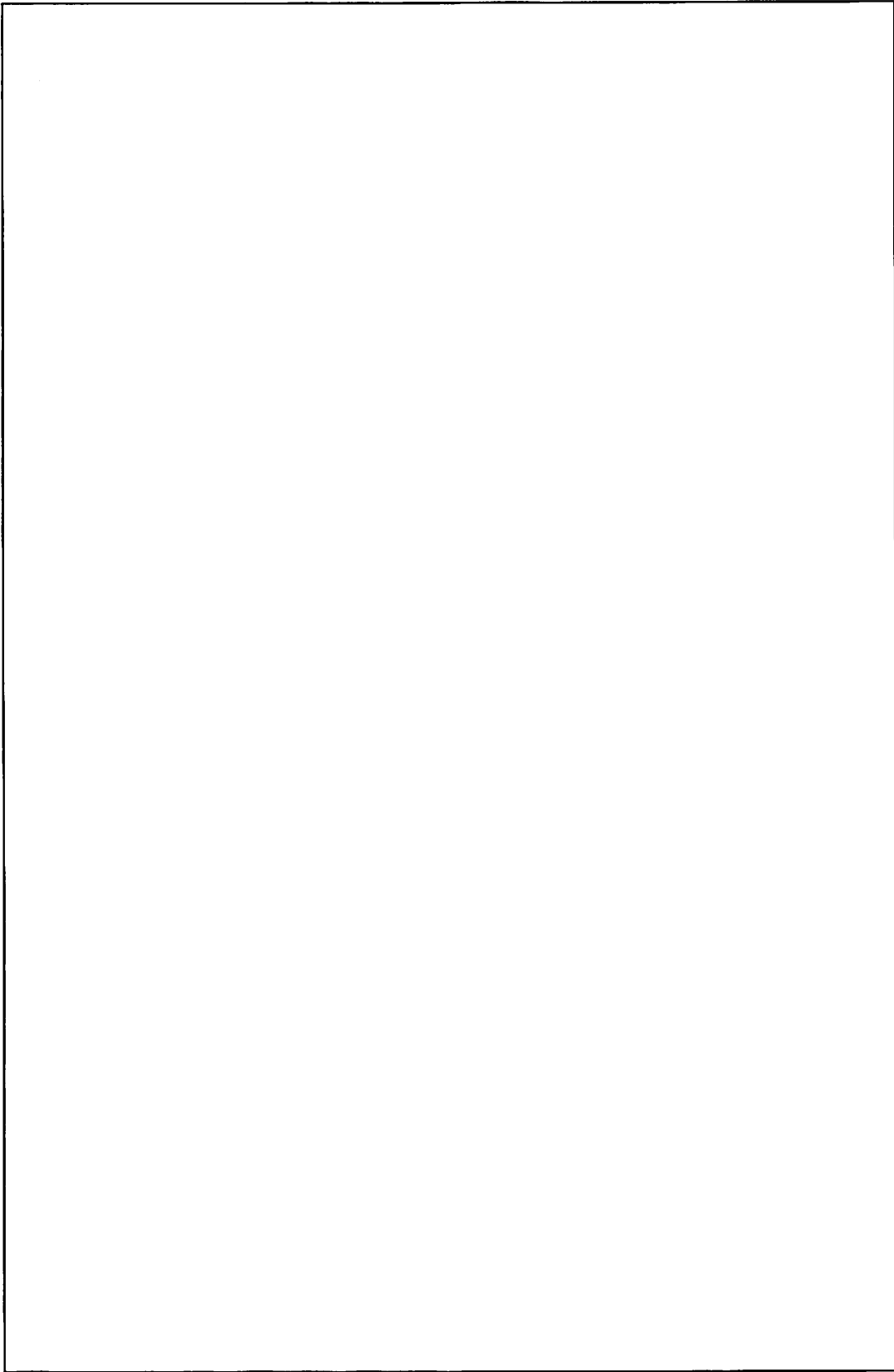
(ข้อที่ 12)

จุดประสงค์การเรียนรู้

12. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้

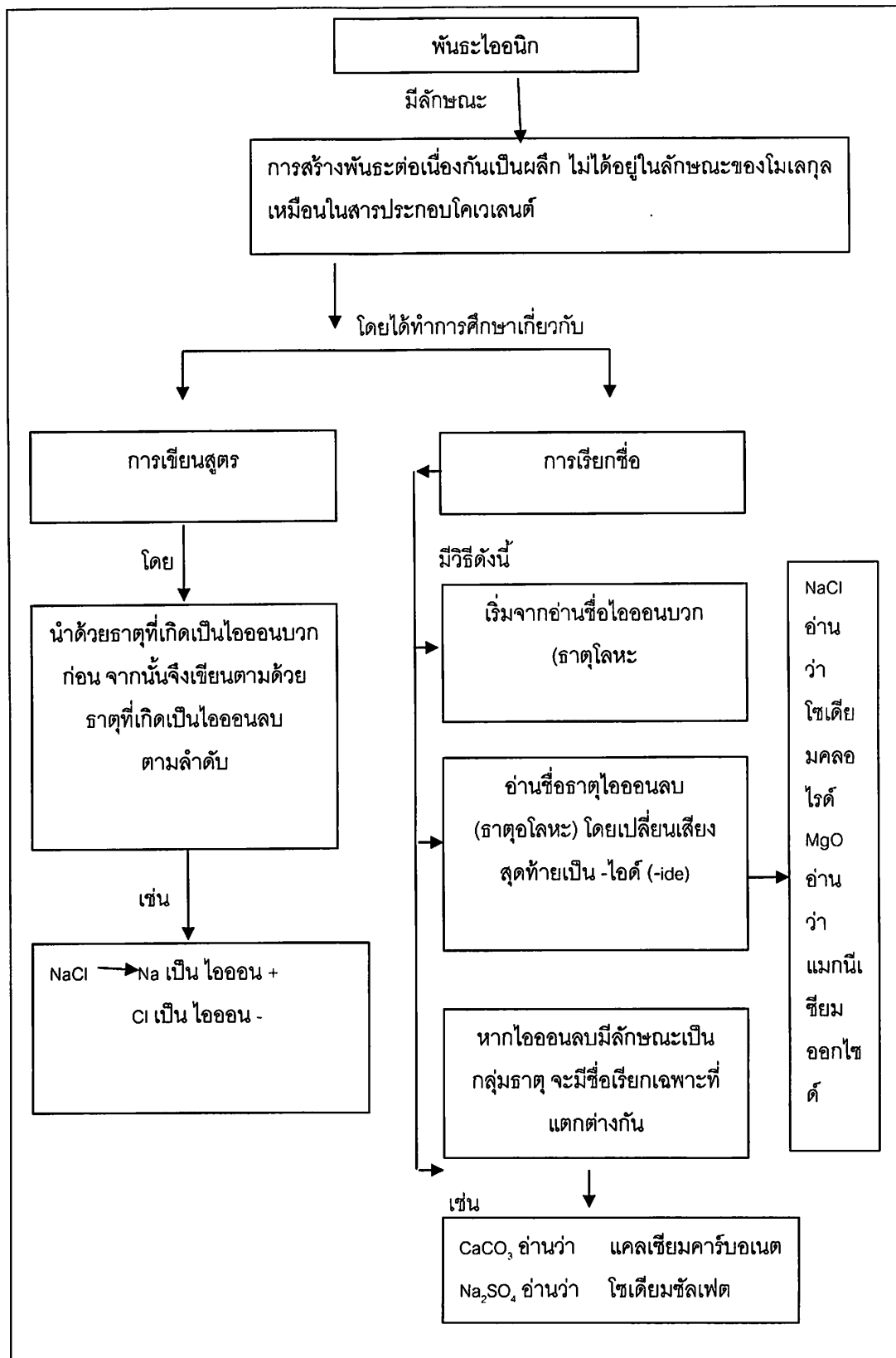
คำแสดงมโนทัศน์

พันธะไอออนิก	การเขียนสูตร	โดยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ
นำด้วยธาตุที่เกิดเป็นไอออนบวก ก่อน จากนั้นจึงเขียนตามด้วยธาตุที่เกิดเป็นไอออนลบตามลำดับ	NaCl อ่านว่า โซเดียมคลอไรด์ MgO อ่านว่า แมกนีเซียมออกไซด์	NaCl Na เป็น ไอออน + Cl เป็น ไอออน -
การเรียกชื่อ	มีลักษณะ	เช่น
หากไอออนลบมีลักษณะเป็นกลุ่มธาตุ จะมีชื่อเรียกเฉพาะที่แตกต่างกัน	อ่านชื่อธาตุไอออนลบ (ธาตุโลหะ) โดยเปลี่ยนเสียงสุดท้ายเป็น -ไอดี (-ide)	เริ่มจากอ่านชื่อไอออนบวก (ธาตุโลหะ)
CaCO ₃ อ่านว่า แคลเซียมคาร์บอเนต Na ₂ SO ₄ อ่านว่า โซเดียมซัลเฟต	มีวิธีดังนี้	เช่น
โดย		



၂၆၈၂၅၅၅၅၅၅၅၅၅

(เฉลย ข้อ 12) แผนผังมโนทัศน์



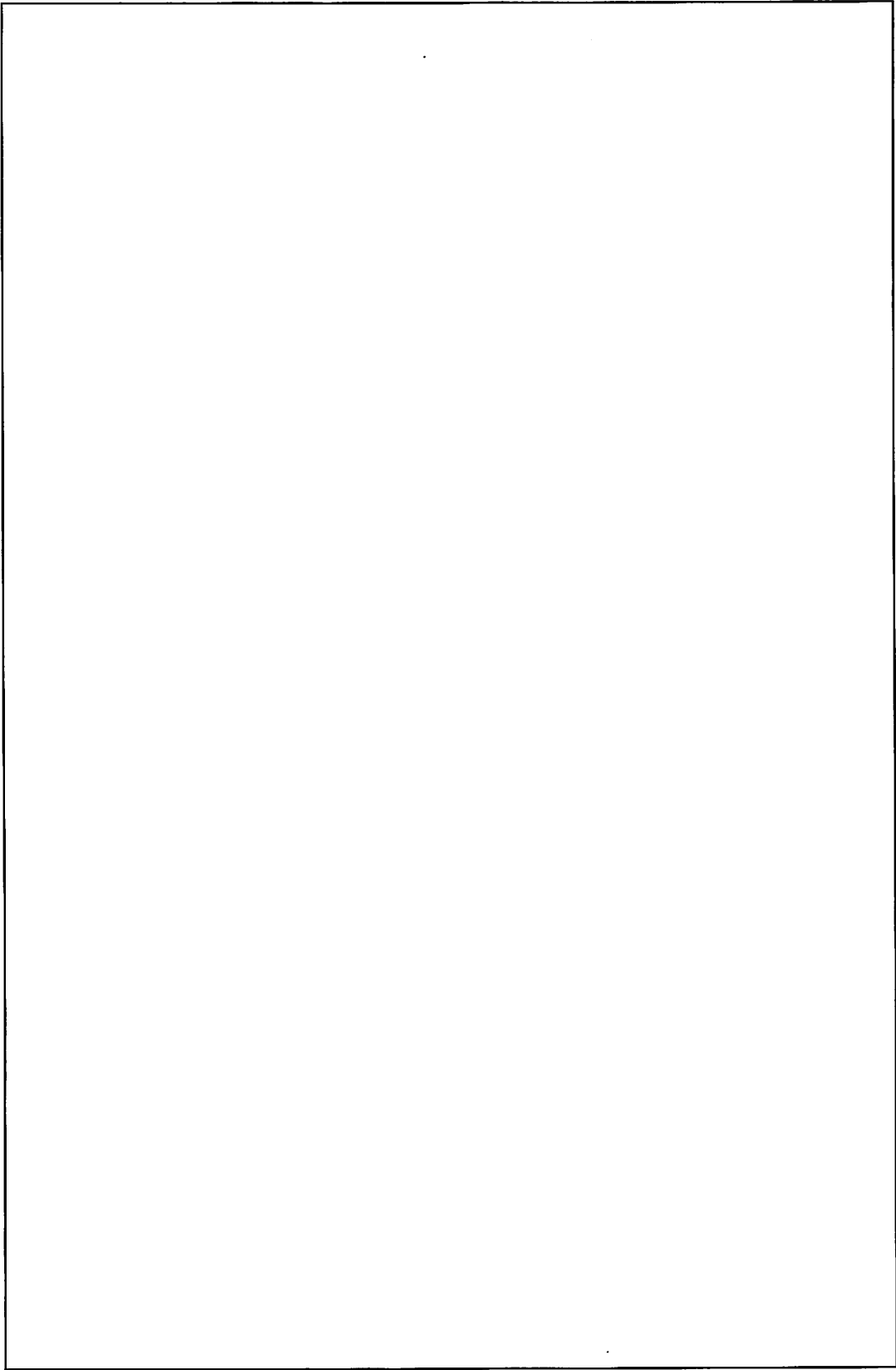
(ข้อที่ 13)

จุดประสงค์การเรียนรู้

13. อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก และสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิกได้

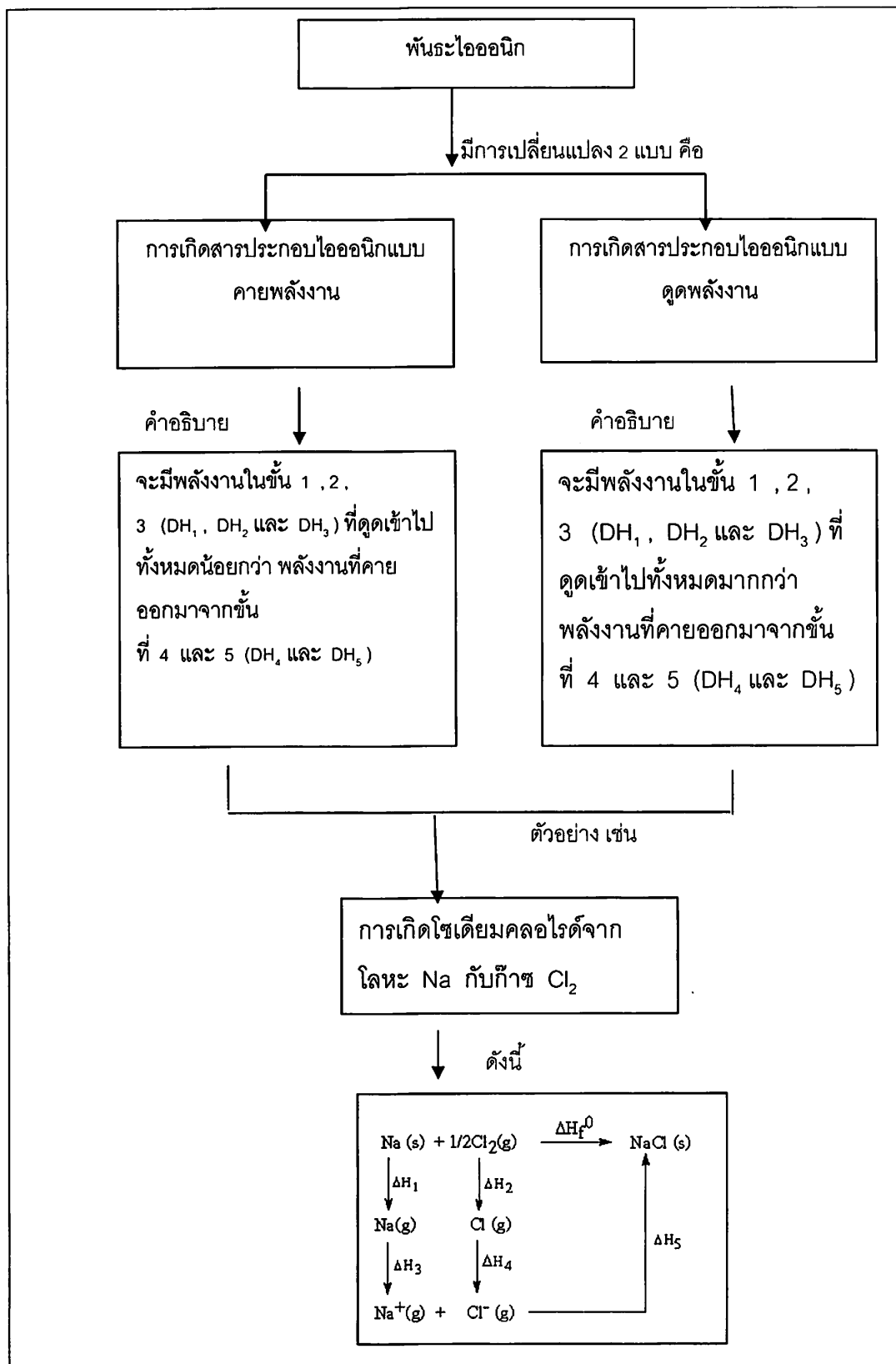
คำแสดงมโนทัศน์

จะมีพลังงานในขั้น 1 , 2 , 3 (ΔH_1 , ΔH_2 และ ΔH_3) ที่ดูดเข้าไปทั้งหมดน้อยกว่า พลังงานที่คายออกมาจากขั้นที่ 4 และ 5 ΔH_4 และ ΔH_5	$\begin{array}{ccc} \text{Na (s)} + 1/2\text{Cl}_2(\text{g}) & \xrightarrow{\Delta H_f^0} & \text{NaCl (s)} \\ \downarrow \Delta H_1 & & \downarrow \Delta H_5 \\ \text{Na (g)} & & \text{Cl (g)} \\ \downarrow \Delta H_3 & & \downarrow \Delta H_4 \\ \text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) & & \end{array}$	จะมีพลังงานในขั้น 1 , 2 , 3 (ΔH_1 , ΔH_2 และ ΔH_3) ที่ดูดเข้าไปทั้งหมดมากกว่า พลังงานที่คายออกมาจากขั้นที่ 4 และ 5 ΔH_4 และ ΔH_5
การเกิดสารประกอบไอออนิกแบบดูดพลังงาน	การเกิดสารประกอบไอออนิกแบบคายพลังงาน	มีการเปลี่ยนแปลง 2 แบบ คือ
คำอธิบาย	พันธะไอออนิก	คำอธิบาย
ตัวอย่าง เช่น	ดังนี้	การเกิดโซเดียมคลอไรด์จากโลหะ Na กับก๊าซ Cl_2



ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԱՏՆՈՒՄԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒՄԻ ԿԵՆՏՐՈՆԻ ԿՈՄԻՏԵ

(เฉลย ข้อ 13) แผนผังมโนทัศน์

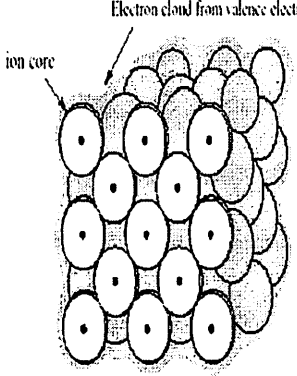


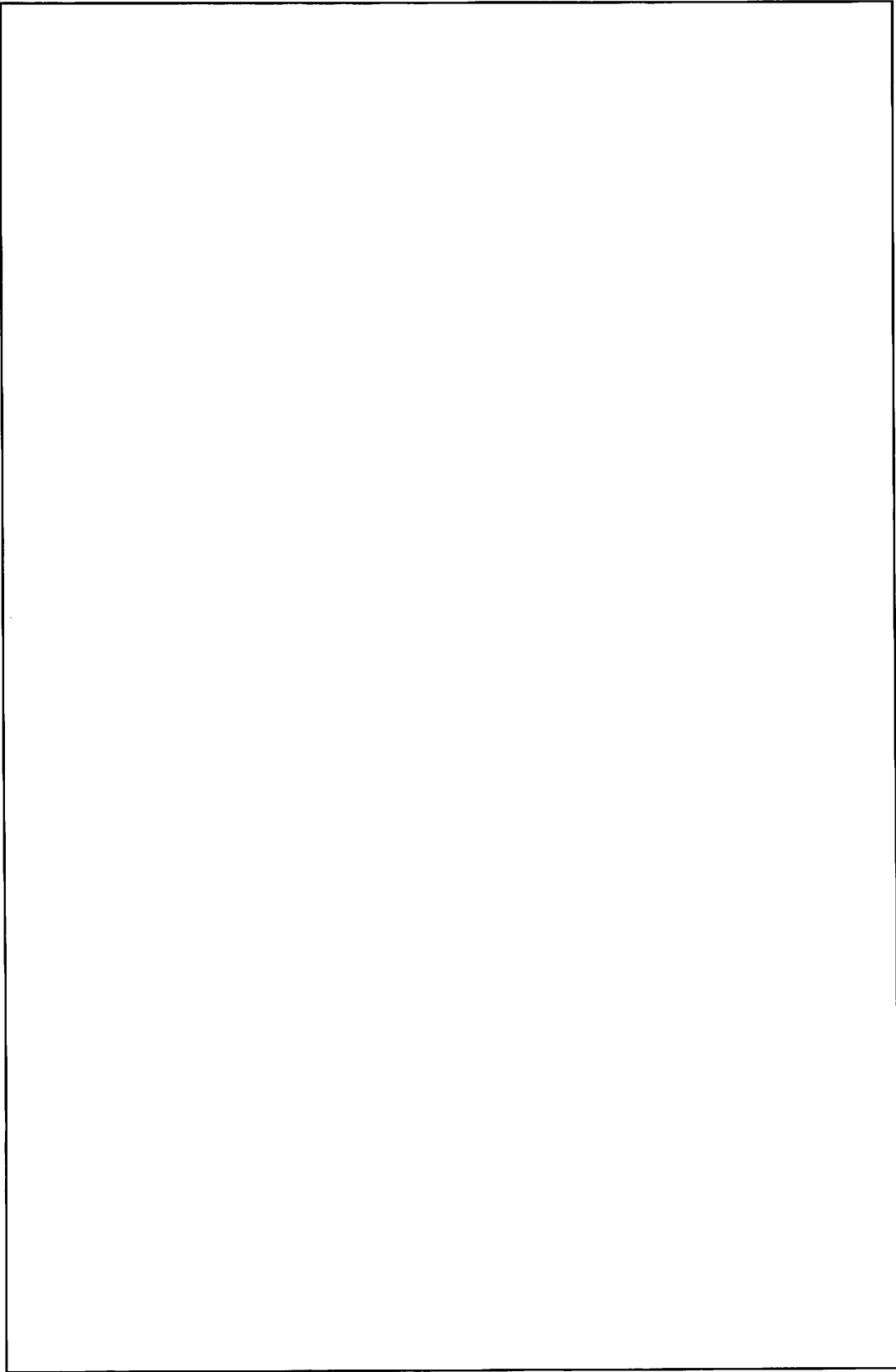
(ข้อที่ 14)

จุดประสงค์การเรียนรู้

14. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและใช้ความรู้เรื่องพันธะโลหะอธิบายสมบัติของโลหะได้

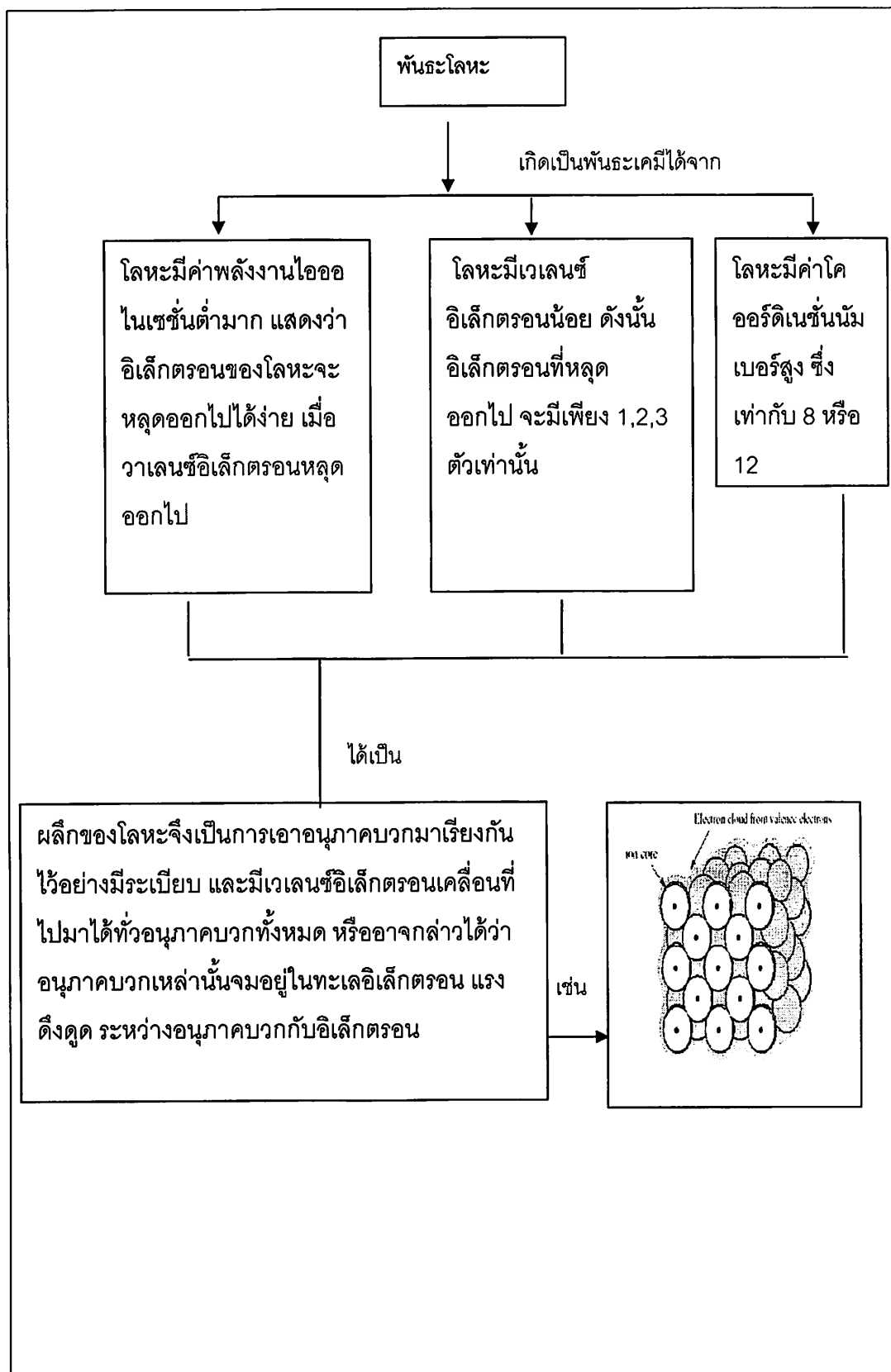
คำแสดงมโนทัศน์

เกิดเป็นพันธะเคมีได้จาก	ได้เป็น	เช่น
<p>ผลึกของโลหะจึงเป็นการเอาอนุภาคบวกมาเรียงกันไว้ อย่างมีระเบียบ และมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมาได้ ทั่วอนุภาคบวกทั้งหมด หรืออาจกล่าวได้ว่า อนุภาคบวกเหล่านั้นจมอยู่ในทะเลอิเล็กตรอน แรงดึงดูด ระหว่างอนุภาคบวกกับอิเล็กตรอน</p>	<p>พันธะโลหะ</p>	 <p>The diagram shows a central 'ion core' (a small circle with a dot) surrounded by a larger, diffuse 'Electron cloud from valence electrons' (a shaded area). The ion core is surrounded by other ion cores, forming a lattice structure.</p>
<p>โลหะมีค่าพลังงานไอออนในเซชันต่ำมาก แสดงว่าอิเล็กตรอนของโลหะจะหลุดออกไปได้ง่าย เมื่อวาเลนซ์อิเล็กตรอนหลุดออกไป</p>	<p>โลหะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อย ดังนั้นอิเล็กตรอนที่หลุดออกไป จะมีเพียง 1,2,3 ตัวเท่านั้น</p>	<p>โลหะมีค่าโคออร์ดิเนชันนัมเบอร์สูง ซึ่งเท่ากับ 8 หรือ 12</p>



154

(เฉลย ข้อ 14) แผนผังมโนทัศน์



ภาคผนวก ๑ ผลคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 15 แสดงผลคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนก่อนเรียน Pre-test (280 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน Post-test (280 คะแนน)	คะแนนผลต่าง
1	96	212	116
2	94	205	111
3	95	206	111
4	81	205	124
5	75	170	95
6	75	171	96
7	70	167	97
8	220	280	60
9	217	280	63
10	239	280	41
11	239	280	41
12	192	280	88
13	192	230	38
14	244	280	36
15	192	226	34

คนไข้	คะแนนก่อนเรียน	Pre-test	คะแนนหลังเรียน	Post-test	คะแนนผลต่าง
	(280 คะแนน)		(280 คะแนน)		
16	239	280	239	280	41
18	239	280	239	280	41
19	192	280	192	280	88
20	216	280	216	280	64
21	192	225	192	225	33
22	242	280	242	280	38
23	163	219	163	219	56
24	191	224	191	224	33
25	239	280	239	280	41
26	161	217	161	217	56
27	242	280	242	280	38
28	162	217	162	217	55
29	149	214	149	214	65
30	190	224	190	224	34
31	159	215	159	215	56
32	242	280	242	280	38
33	242	280	242	280	38
34	149	212	149	212	63
35	192	225	192	225	33
36	162	217	162	217	55
37	190	223	190	223	33
\bar{X}	180.16	240.65	180.16	240.65	60.49
S.D.	55.72	37.50	55.72	37.50	27.84

ภาคผนวก จ แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ก่อน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent)

ตาราง 16 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ก่อน และหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตาม วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อ ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t- test dependent)

t-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation
Pair 1	Pre-test	180.16	37	55.72
	Posttest	240.65	37	37.50

Paired Samples Test

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)	Sig. (1-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Posttest - Pretest	60.49	27.84	4.58	13.2179	36	0.0000	0.0000

ตาราง 17 (ต่อ)

คนที่	รายการประเมิน					รวม (20)
	เขียนคำ แสดงชื่อ มโนทัศน์	เขียน คำเชื่อม ระหว่าง มโนทัศน์	จัดลำดับ ชั้นของ มโนทัศน์	เขียนเส้น เชื่อมโยง ระหว่าง มโนทัศน์	ตัวอย่าง ของโม ทัศน์	
	4	4	4	4	4	
17	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
18	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
19	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
20	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
21	3.93	3.07	3.00	3.00	3.07	16.07
22	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
23	3.71	3.00	3.07	2.86	3.00	15.64
24	3.93	3.00	3.21	2.93	2.93	16.00
25	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
26	3.79	3.00	2.93	3.00	2.79	15.50
27	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
28	3.79	3.00	2.93	3.00	2.79	15.50
29	3.57	2.93	2.93	2.93	2.93	15.29
30	4.00	3.00	3.07	3.00	2.93	16.00
31	3.71	2.86	2.93	2.86	3.00	15.36
32	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
33	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.00
34	3.64	3.00	2.93	2.93	2.64	15.14
35	3.93	3.21	3.00	3.00	2.93	16.07
36	3.79	3.00	2.93	3.00	2.79	15.50
37	3.93	3.14	3.00	2.93	2.93	15.93
รวม	145.07	128.71	128.57	127.57	126.07	656.00
เฉลี่ย	3.92	3.48	3.47	3.45	3.41	17.73

ภาคผนวก ข ผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดย
ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ตาราง 18 แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนข้อคำถาม เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

จุดประสงค์ ข้อที่	คำถามข้อที่	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ความ สอดคล้อง
		1	2	3		
1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
2	2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3	3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4	4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
5	5	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
6	6	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7	7	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
8	8	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
9	9	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
10	10	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
11	11	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
12	12	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
13	13	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
14	14	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
15	15	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
16	16	0	1	0	0.33	ไม่สอดคล้อง
17	17	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
18	18	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

จุดประสงค์ ข้อที่	คำถามข้อที่	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ความ สอดคล้อง
		1	2	3		
19	19	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
20	20	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
21	21	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
22	22	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
23	23	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
24	24	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
25	25	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
26	26	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
27	27	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
28	28	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
29	29	0	1	0	0.33	ไม่สอดคล้อง
30	30	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
31	31	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
32	32	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
33	33	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
34	34	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
35	35	0	1	1	0.67	สอดคล้อง
36	36	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
37	37	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
38	38	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
39	39	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
40	40	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
41	41	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
42	42	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 19 (ต่อ)

จุดประสงค์ ข้อที่	คำถามข้อที่	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ความ สอดคล้อง
		1	2	3		
43	43	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
44	44	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
45	45	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
46	46	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
47	47	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
48	48	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
49	49	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
50	50	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
51	51	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
52	52	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
53	53	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
54	54	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
55	55	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
56	56	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
57	57	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
58	58	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
59	59	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
60	60	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ภาคผนวก ฅ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1 ข้อสอบ 58 ข้อ)

ตาราง 19 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 1 ข้อสอบ 58 ข้อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	0.52	ใช้ได้	0.51	0.0063	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.78	ใช้ได้	0.59	0.0011	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.30	ใช้ได้	0.52	0.0055	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.67	ใช้ได้	0.63	0.0005	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.56	ใช้ได้	0.37	0.0572	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
6	0.74	ใช้ได้	0.53	0.0041	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.70	ใช้ได้	0.35	0.0742	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
8	0.59	ใช้ได้	0.57	0.0018	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.74	ใช้ได้	0.66	0.0002	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.63	ใช้ได้	0.71	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.67	ใช้ได้	0.42	0.0306	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.70	ใช้ได้	0.57	0.0018	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.41	ใช้ได้	0.45	0.0195	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.52	ใช้ได้	0.59	0.0012	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.67	ใช้ได้	0.41	0.0331	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.41	ใช้ได้	0.56	0.0022	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.74	ใช้ได้	0.81	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.63	ใช้ได้	0.66	0.0002	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.70	ใช้ได้	0.33	0.0963	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	แปลผล	คำอำนาจ จำแนก	Sig.	แปล ผล	แปลผลคุณภาพ ของข้อสอบ
20	0.63	ใช้ได้	0.40	0.0399	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.59	ใช้ได้	0.42	0.0272	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.44	ใช้ได้	0.17	0.4031	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
23	0.52	ใช้ได้	0.41	0.0324	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.44	ใช้ได้	0.55	0.0027	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.78	ใช้ได้	0.45	0.0185	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.59	ใช้ได้	0.49	0.0097	ใช้ได้	ใช้ได้
27	0.37	ใช้ได้	0.50	0.0076	ใช้ได้	ใช้ได้
28	0.52	ใช้ได้	0.83	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.74	ใช้ได้	0.19	0.3355	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
30	0.59	ใช้ได้	0.54	0.0039	ใช้ได้	ใช้ได้
31	0.63	ใช้ได้	0.87	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
32	0.78	ใช้ได้	0.43	0.0246	ใช้ได้	ใช้ได้
33	0.67	ใช้ได้	0.46	0.0170	ใช้ได้	ใช้ได้
34	0.78	ใช้ได้	0.51	0.0070	ใช้ได้	ใช้ได้
35	0.52	ใช้ได้	0.24	0.2342	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
36	0.48	ใช้ได้	0.51	0.0066	ใช้ได้	ใช้ได้
37	0.56	ใช้ได้	0.52	0.0052	ใช้ได้	ใช้ได้
38	0.41	ใช้ได้	0.46	0.0164	ใช้ได้	ใช้ได้
39	0.67	ใช้ได้	0.41	0.0358	ใช้ได้	ใช้ได้
40	0.44	ใช้ได้	0.45	0.0175	ใช้ได้	ใช้ได้
41	0.74	ใช้ได้	0.53	0.0046	ใช้ได้	ใช้ได้
42	0.48	ใช้ได้	0.59	0.0012	ใช้ได้	ใช้ได้
43	0.52	ใช้ได้	0.37	0.0604	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
44	0.70	ใช้ได้	0.66	0.0002	ใช้ได้	ใช้ได้

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	แปลผล	ค่าอำนาจ จำแนก	Sig.	แปล ผล	แปลผลคุณภาพ ของข้อสอบ
45	0.26	ใช้ได้	0.49	0.0088	ใช้ได้	ใช้ได้
46	0.70	ใช้ได้	0.47	0.0125	ใช้ได้	ใช้ได้
47	0.26	ใช้ได้	0.45	0.0178	ใช้ได้	ใช้ได้
48	0.56	ใช้ได้	0.56	0.0024	ใช้ได้	ใช้ได้
49	0.37	ใช้ได้	0.43	0.0264	ใช้ได้	ใช้ได้
50	0.41	ใช้ได้	0.53	0.0048	ใช้ได้	ใช้ได้
51	0.44	ใช้ได้	0.58	0.0015	ใช้ได้	ใช้ได้
52	0.33	ใช้ได้	0.53	0.0044	ใช้ได้	ใช้ได้
53	0.59	ใช้ได้	0.43	0.0251	ใช้ได้	ใช้ได้
54	0.56	ใช้ได้	0.55	0.0027	ใช้ได้	ใช้ได้
55	0.48	ใช้ได้	0.48	0.0105	ใช้ได้	ใช้ได้
56	0.33	ใช้ได้	0.57	0.0019	ใช้ได้	ใช้ได้
57	0.56	ใช้ได้	0.56	0.0024	ใช้ได้	ใช้ได้
58	0.52	ใช้ได้	0.66	0.0002	ใช้ได้	ใช้ได้

ค่าความเชื่อมั่น 0.9554 (ทั้งฉบับ จำนวน 58 ข้อ) โดยใช้วิธีของโลเวตต์

ภาคผนวก ญ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2 ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ)

ตาราง 20 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดลองใช้ครั้งที่ 2 ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	0.52	ใช้ได้	0.42	0.0293	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.41	ใช้ได้	0.54	0.0039	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.52	ใช้ได้	0.64	0.0003	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.63	ใช้ได้	0.50	0.0085	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.52	ใช้ได้	0.66	0.0002	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.63	ใช้ได้	0.61	0.0007	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.63	ใช้ได้	0.59	0.0012	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.56	ใช้ได้	0.50	0.0081	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.56	ใช้ได้	0.39	0.0441	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.74	ใช้ได้	0.58	0.0015	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.70	ใช้ได้	0.49	0.0095	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.59	ใช้ได้	0.52	0.0056	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.74	ใช้ได้	0.56	0.0024	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.70	ใช้ได้	0.61	0.0008	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.67	ใช้ได้	0.54	0.0034	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.44	ใช้ได้	0.51	0.0060	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.63	ใช้ได้	0.51	0.0071	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.70	ใช้ได้	0.68	0.0001	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.67	ใช้ได้	0.54	0.0034	ใช้ได้	ใช้ได้

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก	แปลผล	ค่าอำนาจ จำแนก	Sig.	แปล ผล	แปลผลคุณภาพ ของข้อสอบ
20	0.67	ใช้ได้	0.69	0.0001	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.59	ใช้ได้	0.60	0.0009	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.63	ใช้ได้	0.62	0.0006	ใช้ได้	ใช้ได้
23	0.52	ใช้ได้	0.50	0.0078	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.56	ใช้ได้	0.63	0.0005	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.70	ใช้ได้	0.74	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.67	ใช้ได้	0.65	0.0002	ใช้ได้	ใช้ได้
27	0.67	ใช้ได้	0.52	0.0050	ใช้ได้	ใช้ได้
28	0.70	ใช้ได้	0.61	0.0008	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.67	ใช้ได้	0.68	0.0001	ใช้ได้	ใช้ได้
30	0.67	ใช้ได้	0.52	0.0060	ใช้ได้	ใช้ได้

ค่าความเชื่อมั่น 0.9406 (ทั้งฉบับ จำนวน 30 ข้อ) โดยใช้วิธีของไลเวตต์

ภาคผนวก ก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

โปรดอ่านคำอธิบายต่อไปนี้ให้เข้าใจก่อนลงมือทำแบบทดสอบ

1. ให้นักเรียน เขียนชื่อ-นามสกุลและเลขที่ของตนเองบนหัวกระดาษคำตอบให้
เรียบร้อย
2. แบบทดสอบฉบับนี้มี 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 30 คะแนน
3. การตอบแบบทดสอบ โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X บนตัวอักษรที่อยู่
หน้าข้อความซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด โดยให้เขียนลงในกระดาษคำตอบที่แจก
ให้ ตัวอย่างเช่น ถ้านักเรียนเลือกข้อ ค เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ให้นักเรียน
ทำเครื่องหมายดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
			X	

4. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ นักเรียนสามารถใช้ไม้ยาลบคำผิด หรือ ชีด
เส้นทับลงบนเครื่องหมายได้ดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
			✖	

1. ข้อความเกี่ยวกับพันธะเคมีข้อใดถูก(จุดประสงค์ข้อที่ 1 / ความเข้าใจ)
 - ก พันธะเคมีเกิดขึ้นเมื่อแต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอนเป็นจำนวนที่เท่ากัน
 - ข พลังงานของพันธะโคเวเลนต์จะเพิ่มขึ้นตามความยาวของพันธะเคมี
 - ค พันธะเคมีเกิดจากแรงกระทำระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอน
 - ง พันธะเคมีเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอน
2. จงพิจารณาข้อความข้อใดถูกต้อง(จุดประสงค์ข้อที่ 2 / ความเข้าใจ)
 - ก ในการเกิดสารประกอบอะตอมของธาตุทุกอะตอมจะรวมกัน เพื่อปรับให้มีเวเลนอิเล็กตรอนครบ 8
 - ข ลักษณะสำคัญของพันธะโคเวเลนต์ คือ เกิดแรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสของอะตอมคู่สร้างพันธะ
 - ค เมื่ออะตอมรวมกันเป็นโมเลกุลจะมีการคายพลังงาน จึงทำให้ระบบมีพลังงานสูงขึ้น
 - ง อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะโคเวเลนต์ ได้มาจากอะตอมคู่ที่สร้างพันธะต่อกัน หรืออาจมาจากอะตอมใดอะตอมหนึ่งก็ได้
3. สารต่อไปนี้ สารใดไม่มีพันธะคู่และพันธะสาม (จุดประสงค์ข้อที่ 2 / การวิเคราะห์)
 - ก CH_3COCH_3 ข P_2H_2 ค CH_3COOH ง $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
4. ข้อใดคือสูตรของสารประกอบระหว่างธาตุ F และ P ที่มีเลขอะตอมเป็น 9 และ 15 ตามลำดับและอ่านว่า ไตรฟอสฟอรัสฟลูออไรด์ (จุดประสงค์ข้อที่ 3 / การนำไปใช้)
 - ก SiS_2 ซิลิคอนไดซัลไฟด์
 - ข F_2O ไดฟลูออรีนออกไซด์
 - ค BF_3 โบรอนไตรฟลูออไรด์
 - ง N_2O_3 ไดไนโตรเจนไดรอกไซด์
5. ปฏิกิริยา $\text{CH}_4(\text{g}) \longrightarrow \text{C}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ กำหนดค่าพลังงานพันธะ ดังนี้ $\text{H} - \text{H} = 104 \text{ kJ/mol}$ และ $\text{C} - \text{H} = 81 \text{ kJ/mol}$ ปฏิกิริยาข้างบนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานเป็นอย่างไร(จุดประสงค์ข้อที่ 4 / การวิเคราะห์)
 - ก ปฏิกิริยาดูดความร้อน พลังงานทั้งหมด = 185 kJ/mol
 - ข ปฏิกิริยาดูดความร้อน พลังงานทั้งหมด = 324 kJ/mol
 - ค ปฏิกิริยาคายความร้อน พลังงานทั้งหมด = 185 kJ/mol
 - ง ปฏิกิริยาคายความร้อน พลังงานทั้งหมด = 324 kJ/mol

6. การสลายพันธะระหว่างอะตอมใดในโมเลกุล CH_3COCl ใช้พลังงานมากที่สุด (จุดประสงค์ข้อที่ 4 / การประเมินค่า)

ก C กับ H ข C กับ C ค C กับ O ง C กับ Cl

7. ในการสลายแก๊สอะเซทิลีน (C_2H_2) 1 โมลเป็นอะตอมโดยสมบูรณ์ต้องใช้พลังงานเป็นกิโลจูลต่อโมลเท่ากับเท่าใด กำหนดพลังงานพันธะเฉลี่ย (kJ/mol) $\text{C} - \text{C} = 348$, $\text{C} = \text{C} = 614$, $\text{C} \equiv \text{C} = 839$, $\text{C} - \text{H} = 413$, $\text{C} - \text{O} = 358$, $\text{C} = \text{O} = 745$, $\text{O} - \text{H} = 463$, $\text{O} - \text{O} = 146$ (จุดประสงค์ข้อที่ 5/ความเข้าใจ)

ก 1174 ข 1665 ค 1440 ง 1870

8. โมเลกุลของสารในข้อใดต่อไปนี้มีอะตอมคู่สร้างพันธะต่อกัน เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมดมีพันธะคู่และพันธะสามตามลำดับ (จุดประสงค์ข้อที่ 6/ความเข้าใจ)

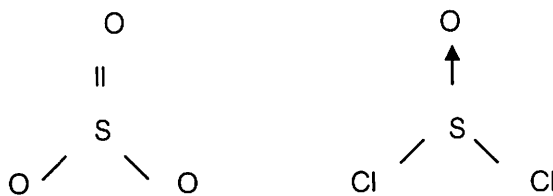
ก CF_2 , PCl_5 , SO_3

ข PCl_5 , C_2H_4 , HCN

ค SO_3 , HCN , BeCl_2

ง HCN , BeCl_2 , NH_4^+

9. กำหนดสูตรแบบเส้น หา SO_3 และ SOCl_2 ดังนี้



จงพิจารณาว่าข้อความใดถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่ 7/การวิเคราะห์)

ก ความยาวพันธะระหว่าง S กับ O ในโมเลกุลทั้งสองเท่ากัน

ข ค่าพลังงานพันธะของ S กับ O ทุกพันธะในโมเลกุล SO_3 มีค่าน้อยกว่าโมเลกุล SOCl_2

ค รูปร่างโมเลกุล SO_3 เป็นสามเหลี่ยมแบนราบ แต่ในโมเลกุล SOCl_2 เป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ดังนั้นมุมใน SO_3 จึงใหญ่กว่าใน SOCl_2

ง รูปร่างโมเลกุลของ SO_3 และ SOCl_2 เป็นสามเหลี่ยมแบนราบเหมือนกัน มุมพันธะจึงต่างกัน

10. สารในข้อใดต่อไปนี้มีรูปร่างโมเลกุลเป็นสามเหลี่ยมแบนราบทั้งหมด(จุดประสงค์ข้อที่7/การวิเคราะห์)

ก BH_3 , CH_2O , BCl_3

ข PH_3 , PCl_3 , AsH_3

ค BF_3 , NH_3 , PI_3

ง CH_4 , Cl_2O , BeCl_2

11. ธาตุ A , B และ C อยู่ในหมู่เดียวกัน เมื่อรวมกับธาตุฟลูออรีน เกิดสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุล AF_2 , BF_2 และ CF_2 โดยมีความแรงที่ขั้วของโมเลกุลคือ $\text{AF}_2 > \text{BF}_2 > \text{CF}_2$ ถ้าธาตุทั้งสามรวมกับไฮโดรเจน เกิดสารประกอบไฮไดรด์ จงพิจารณาข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่8/ การวิเคราะห์)

1. มุมระหว่างพันธะของโมเลกุลสารเรียงลำดับคือ $\text{AF}_2 > \text{BF}_2 > \text{CF}_2$

2. รูปร่างโมเลกุลเป็นมุมงอ และเป็นโมเลกุลมีขั้ว

3. เลขอะตอมของ A , B , C อาจเป็น 14 , 16 , 34 ตามลำดับ

ก ข้อ 1 , 2 ข ข้อ 1 , 2 และ 3

ค ข้อ 1 ง ข้อ 2

12. สูตรโมเลกุลในข้อใดต่อไปนี้มีทั้งโมเลกุลมีขั้วและไม่มีขั้ว(จุดประสงค์ข้อที่8/ การวิเคราะห์)

ก BeH_2 , PF_5 , B_2H_6

ข CO_2 , PCl_3 , AlCl_3

ค OF_2 , Cl_2O , NH_3

ง H_2O , HF , CHCl_3

13. A , B และ C เป็นสารโคเวเลนต์ 3 ชนิดที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน มีสถานะเป็นของเหลวและโมเลกุลของสาร A กับสาร B มีขั้ว ส่วนโมเลกุลของสาร C ไม่มีขั้ว ข้อสรุปใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง(จุดประสงค์ข้อที่8/ การสังเคราะห์)

ก สาร C ควรมีจุดเดือดต่ำสุด

ข สาร A และ B ควรจะละลายน้ำได้

ค สาร A และ B ควรจะละลายกันได้ดี

ง สาร C ควรจะละลายน้ำในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ได้น้อยที่สุด

14. กำหนดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลดังนี้

1. แรงแวนเดอร์วาลส์
2. แรงดึงดูดระหว่างขั้ว
3. พันธะไฮโดรเจน

เอทานอล (C_2H_5OH) ละลายได้ในเฮกเซน (C_6H_{14}) เพราะมีแรงยึดเหนี่ยวชนิดใด(จุดประสงค์ข้อที่9/ การสังเคราะห์)

ก 1 ข 3 ค 1 และ 2 ง 1 และ 3

15. สารข้อใดตามลำดับที่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลหรือระหว่างอนุภาคดังนี้ (จุดประสงค์ข้อที่9/ การสังเคราะห์)

1. มีแรงแวนเดอร์วาลส์เพียงอย่างเดียว
2. มีพันธะไฮโดรเจนร่วมกับแรงอื่น
3. มีพันธะไอออนิก

ก NF_3 , H_2O , NH_3

ข F_2 , HF , NaF

ค CO_2 , CH_3OCH_3 , KI

ง Ne , NH_3 , CH_3OH

16. ข้อใดไม่ถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่9/ การวิเคราะห์)

ก SiH_4 น่าจะมีจุดเดือดต่ำกว่า NH_3

ข OF_2 น่าจะมีจุดเดือดต่ำกว่า Cl_2O

ค เอทานอล (C_2H_5OH) และเมทอกซีมีเทน (C_2H_6O) ต่างก็เป็นโมเลกุลที่เกิดพันธะไฮโดรเจนได้

ง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในสารต่อไปนี้ Ar , CH_4 , CO_2 เป็นแรงแวนเดอร์วาลส์

17. ข้อความใดถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่10/ การวิเคราะห์)

ก ในแกรไฟต์ คาร์บอนยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ส่วนเพชรคาร์บอนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์

ข โครงสร้างของผลึก $NaCl$ และ $CsCl$ เหมือนกัน เพราะส่วนประกอบทั้งสองต่างเป็นคลอไรด์ของธาตุหมู่เดียวกัน

- ค จุดเดือดของน้ำสูงกว่า HF ทั้งๆที่ความแรงของพันธะไฮโดรเจนของน้ำน้อยกว่าของ HF เพราะถ้าสารทั้งสองมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน จำนวนพันธะไฮโดรเจนของน้ำเกิดมากกว่าจำนวนพันธะไฮโดรเจนของ HF
- ง SO_2 และ HgCl_2 ต่างเป็นโมเลกุลที่มีรูปร่างเหมือนกัน คือ มุมงอ แต่มุมระหว่างพันธะของโมเลกุลทั้งสองต่างกัน
18. ข้อความใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ไม่ถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่10/ ความเข้าใจ)
- ก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นในแกรไฟต์แข็งแรงน้อยกว่าแรงระหว่างคาร์บอนอะตอมในชั้นเดียวกัน
- ข แกรไฟต์นำไฟฟ้าได้ดีทุกทิศทาง
- ค จะต้องใช้พลังงานจำนวนมากเพื่อสลายพันธะโคเวเลนต์ในคาร์บอนดำ (SiC)
- ง เพชรไม่นำไฟฟ้าเพราะเวเลนซ์อิเล็กตรอนถูกใช้ไปในการสร้างพันธะหมด
19. สารประกอบโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายไม่นำไฟฟ้า ยกเว้นแกรไฟต์นำไฟฟ้าได้เป็นเพราะเหตุใด (จุดประสงค์ข้อที่10/ ความเข้าใจ)
- ก คาร์บอนอะตอมในแต่ละชั้นอยู่ห่างกันมาก ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้สะดวก
- ข คาร์บอนอะตอมภายในชั้นเดียวกันยึดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์อะตอมละ 3 พันธะ ทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเหลืออะตอมละ 1 อิเล็กตรอนซึ่งจะเคลื่อนที่เป็นอิสระทั่วไปในแนวขนานกับชั้น
- ค คาร์บอนอะตอมในแกรไฟต์ยึดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายไม่แข็งแรงเท่าเพชร จึงทำให้นำไฟฟ้าได้
- ง คาร์บอนอะตอมทุกอะตอมในแกรไฟต์จะยึดกับคาร์บอนอื่นๆอีกสามอะตอม โดยรอบ อิเล็กตรอนเหลือหนึ่งอิเล็กตรอน จึงนำไฟฟ้าได้
20. การที่โลหะรวมตัวกับอะโลหะ แล้วโลหะจะให้อิเล็กตรอนแก่อะโลหะ เกิดไอออนบวกและลบดึงดูดกันด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิตสร้างพันธะไอออนิกขึ้นในสารประกอบนั้น เพราะเหตุใด (จุดประสงค์ข้อที่11/ ความเข้าใจ)
- ก โลหะมีขนาดอะตอมเล็กกว่าอะโลหะ
- ข โลหะมีขนาดอะตอมใหญ่กว่าอะโลหะ
- ค โลหะมีค่า IE ต่ำ จึงให้อิเล็กตรอนได้ง่าย เพื่อปรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนแบบแก๊สเฉื่อย
- ง โลหะมีค่า IE สูง จึงให้อิเล็กตรอนได้ง่าย เพื่อปรับเวเลนซ์อิเล็กตรอนแบบแก๊สเฉื่อย

21. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้ แต่สารประกอบโคเวเลนต์ไม่นำไฟฟ้า
2. ธาตุหมู่ 1 และ 2 ทุกธาตุต่างทำปฏิกิริยากับธาตุโลหะเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก
3. พันธะไอออนิกเป็นพันธะเคมีที่เกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ

ข้อใดถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่ 11/ การวิเคราะห์)

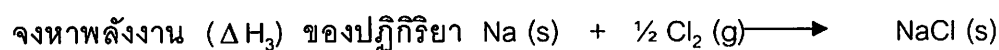
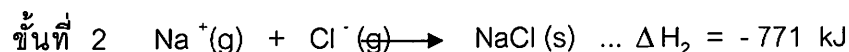
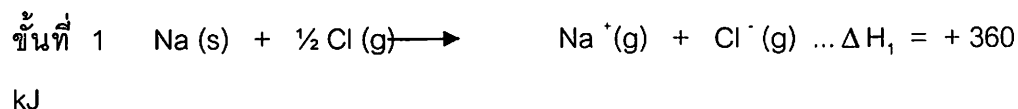
- ก ข้อ 2 และ 3
- ข ข้อ 1 และ 3
- ค ข้อ 1, 2 และ 3
- ง ข้อ 3

22. ชื่อสารที่กำหนดให้ต่อไปนี้ข้อใดผิด (จุดประสงค์ข้อที่ 12/ การวิเคราะห์)

- ก Cu_2S คอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์, NaCN โซเดียมไซยาไนด์
- ข P_2O_5 ไดฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์, Al_2O_3 อะลูมิเนียมออกไซด์
- ค MnO_5 แมงกานีส (IV) ออกไซด์, FeCl_3 ไอร์ออน (III) คลอไรด์
- ง $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ โพแทสเซียมเตียมเฮกไซยาโนเฟอเรต (II) , HNO_3 กรดไนโตรอิก

23. การอ่านชื่อสารต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่ 12/ การวิเคราะห์)

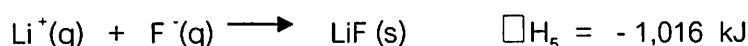
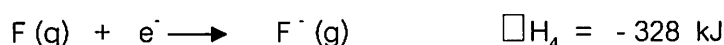
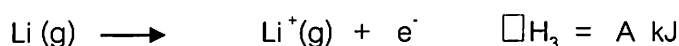
- ก BeH_2 เบริลเลียมไดไฮไดรด์
- ข PbCO_3 เลดคาร์บอเนต
- ค Mn_2O_3 แมงกานีสไดออกไซด์
- ง CuH_2PO_4 คอปเปอร์ (I) ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต

24. กำหนดขั้นตอนการเกิดสารประกอบไอออนิก NaCl กับพลังงานที่เปลี่ยนไปเป็นดังนี้

(จุดประสงค์ข้อที่ 13/ การวิเคราะห์)

- ก คายพลังงาน 411 kJ
 ข ดูดพลังงาน 411 kJ
 ค ดูดพลังงาน 1,031 kJ
 ง ไม่สามารถสรุปได้

25. กำหนดข้อมูลต่อไปนี้



ค่าของ A และชื่อพลังงานของ A คือข้อใด (จุดประสงค์ข้อที่13/ การวิเคราะห์)

- ก A = +520 kJ , พลังงานไอออไนเซชัน
 ข A = +520 kJ , พลังงานสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน
 ค A = -590 kJ , พลังงานพันธะ
 ง A = -590 kJ , พลังงานแลตทิซ
26. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (จุดประสงค์ข้อที่13/ การวิเคราะห์)
- ก สารประกอบไอออนิกสามารถนำไฟฟ้าได้ เพราะประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบ
 ข ธาตุหมู่ 1, 2 และ 3 เป็นโลหะเมื่อรวมกับโลหะ ย่อมเกิดสารประกอบไอออนิกเสมอ
 ค สารประกอบไอออนิกทุกชนิดละลายน้ำได้ดี เกิดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์
 ง สารประกอบที่เกิดจากธาตุ $_{13}\text{Al}$ รวมกับ $_{8}\text{O}$ มีสูตร Al_2O_3 อ่านว่า อลูมิเนียมออกไซด์
27. ข้อความในข้อใดต่อไปนี้ผิด (จุดประสงค์ข้อที่14/ การวิเคราะห์)
- ก การที่เราสามารถตีโลหะให้แผ่ออกเป็นแผ่นบางๆได้ โดยไม่ต้องทำให้อะตอมของโลหะเลื่อนไกลหลุดออกจากกัน เพราะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนยึดกับไอออนบวกไว้อย่างเหนียวแน่น
 ข ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน มีความสำคัญในการควบคุมระดับ pH ของเลือดในร่างกายให้คงที่

ค สมการไอออนิกที่แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการผสมสารละลาย H_2SO_4 กับ BaCl_2 เขียนได้เป็น $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \longrightarrow \text{BaSO}_4(\text{aq})$

ง โครงสร้างของผลึกซีเซียมคลอไรด์มีแบบผลึกเหมือนกับโซเดียมคลอไรด์ เพราะเป็นคลอไรด์ของธาตุหมู่เดียวกัน

28. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ (จุดประสงค์ข้อที่14/ การวิเคราะห์)

1. การทำให้น้ำกลายเป็นไอเป็นการทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ และพันธะไฮโดรเจน
2. การทำให้ Cu_2Cl_2 กลายเป็นไอ เป็นการทำลายพันธะไอออนิก
3. การทำให้ Cu กลายเป็นไอเป็นการทำลายพันธะโลหะ

ข้อความที่ถูกต้องคือ

ก 1 , 2 ข 1 , 3 ค 2 , 3 ง 1 , 2 , 3

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 29 - 30

ต่อไปนี้ เป็นลักษณะสมบัติของพันธะโลหะในก้อนโลหะ

1. อิเล็กตรอนของโลหะจะเคลื่อนที่จากส่วนที่มีพลังงานสูงไปยังส่วนที่มีพลังงานต่ำ
2. ภายในโลหะมีกลุ่มไอออนบวกที่จัดตัวกันอย่างมีระเบียบด้วยโครงสร้างที่แน่นอน
3. ไอออนบวกในโลหะแต่ละไอออนอยู่ในสภาพเหมือนกัน ได้รับการดึงดูดจากประจุลบ เท่ากันทั่วก้อนโลหะ
4. กลุ่มหมอกอิเล็คตรอนที่เคลื่อนที่ได้อิสระมีปฏิกิริยาต่อแสงจึงทำให้สามารถสะท้อนแสงได้
5. ไอออนบวกที่อยู่กับที่ในก้อนโลหะส่งแรงดึงดูดกับอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ไปมาอย่างแรง และยึด กันอย่างแน่นหนา

29. การที่โลหะนำไฟฟ้าได้ สามารถอธิบายได้โดยใช้สมบัติของโลหะข้อใด

(จุดประสงค์ข้อที่14/ การวิเคราะห์)

ก ข้อ 1 ข ข้อ 2 ค ข้อ 4 ง ข้อ 5

30. การที่โลหะมีผิวเป็นมันวาวสามารถอธิบายได้โดยใช้สมบัติของโลหะข้อใด

(จุดประสงค์ข้อที่14/ การวิเคราะห์)

ก ข้อ 2 ข ข้อ 3 ค ข้อ 4 ง ข้อ 5

1. ॡ	2. ॡ	3. ॡ	4. ॡ	5. ॡ
6. ॡ	7. ॡ	8. ॡ	9. ॡ	10. ॡ
11. ॡ	12. ॡ	13. ॡ	14. ॡ	15. ॡ
16. ॡ	17. ॡ	18. ॡ	19. ॡ	20. ॡ
21. ॡ	22. ॡ	23. ॡ	24. ॡ	25. ॡ
26. ॡ	27. ॡ	28. ॡ	29. ॡ	30. ॡ

(1203)

ภาคผนวก ฎ ผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของ
 นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ
 เรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อ
 ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 21 แสดงผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของ
 นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ
 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิด
 เชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนก่อนเรียน Pre-test (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน Post-test (30 คะแนน)	คะแนนผลต่าง
1	6	17	11
2	9	18	9
3	7	17	10
4	10	19	9
5	10	20	10
6	9	17	8
7	15	28	13
8	16	26	10
9	17	29	12
10	16	25	9
11	15	22	7
12	7	17	10
13	10	18	8
14	8	17	9
15	12	19	7

คนไข้	คะแนนก่อนเรียน Pre-test (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน Post-test (30 คะแนน)	คะแนนผลต่าง
16	10	20	10
18	16	28	12
19	15	27	12
20	13	25	12
21	15	26	11
22	17	28	11
23	17	28	11
24	16	28	12
25	9	17	8
26	13	19	6
27	12	20	8
28	10	17	7
29	13	25	12
30	11	22	11
31	8	17	9
32	9	18	9
33	9	17	8
34	10	19	9
35	10	20	10
36	11	17	6
37	12	19	7
\bar{X}	11.81	20.84	9.51
S.D.	3.22	4.27	1.87

ภาคผนวก ฐ ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียน
 ของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการ
 เรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อ
 ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าที่แบบไม่เป็นอิสระ
 ต่อกัน (t-test dependent)

ตาราง 22 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียน
 ของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้
 แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อความสามารถ
 ในการคิดเชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น
 มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทดสอบค่าที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test
 dependent)

t-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation
Pair 1	Pre-test	11.81	37	3.22
	Posttest	21.32	37	5.32

Paired Samples Test

		Paired Differences			t	df	Sig. (2- tailed)	Sig. (1- tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Posttest - Pretest	9.51	1.87	0.31	31.0253	36	0.0000	0.0000

ภาคผนวก ข แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการ
เรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักร
การเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

แผนการจัดการเรียนรู้

(กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์)

รายวิชาเคมี 1 รหัสวิชา ว30221 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559
สาระที่ 3 หน่วยที่ 2 พันธะเคมี เวลา 2.00 ชั่วโมง
เรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ / การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

.....
มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรง
ยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยา
ศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด มฐ.ว 3.1 ม.4-6/ 4 วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและใน
โมเลกุลของสาร

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้
การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบ
ที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มี
อยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคม และ
สิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด 1) มฐ.ว 8.1 ม.4-6/ 1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทาง
วิทยาศาสตร์ หรือความสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่
สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและ
เชื่อถือได้

2) มฐ.ว 8.1 ม.4-6/ 3 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ
ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการ
สำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ

จุดประสงค์การเรียนรู้

- (1) บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารหรือพันธะเคมีได้
- (2) อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุนิคมของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้
- (3) เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้

สาระสำคัญ

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนหรืออะตอมของธาตุที่อยู่รวมกันเป็นโครงผลึก หรือโมเลกุล เรียกว่า พันธะเคมี

สาระการเรียนรู้ (รายละเอียดของเนื้อหา อยู่ในใบความรู้ที่ 1)

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์
2. นิคมของพันธะโคเวเลนต์
3. การเขียนสูตรโมเลกุล และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์
4. การเขียนสูตรเคมี

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (P)

1. ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

การจัดกระบวนการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)

ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน โดยการพูดคุยซักถามความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสารที่พบอยู่ทั่วไปทุกสถานะประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆในรูปของไอออน อะตอมหรือโมเลกุล จำนวนมากอยู่รวมกันได้อย่างไร

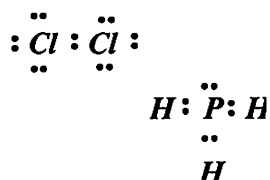
ขั้นที่ 2 ได้รับความสนใจ (Engagement Phase)

1. ครูนำอภิปรายถึงการทำให้สารเปลี่ยนแปลง เช่น การหลอมเหลวเหล็กและโซเดียมคลอไรด์ การสลายโมเลกุลของไฮโดรเจน ซึ่งจะต้องมีการใช้พลังงาน
2. ครูให้ความรู้นักเรียนโดยนำแผนผังมโนทัศน์หลักแบบปลายปิด โดยมีชื่อมโนทัศน์ เป็นพันธะโคเวเลนต์ และมโนทัศน์รองคือ การเกิดพันธะโคเวเลนต์ นิคมของพันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรโมเลกุล และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ การเขียนสูตรเคมีซึ่งเราจะได้ศึกษาในรายละเอียดต่อไป

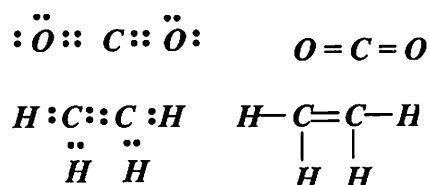
ขั้นที่ 3 สำรวจและค้นหา (Exploration Phase)

1. ครูอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างไฮโดรเจนสองอะตอมที่มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงพลังงานขณะที่อะตอมไฮโดรเจนทั้งสองเข้ามาใกล้กันจนเกิดเป็นโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนตามรายละเอียดในบทเรียน / ใบความรู้

2. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ที่อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ การเขียนแสดงพันธะด้วยโครงสร้างลิวอิส เพื่อนำไปสู่การเข้าใจเรื่องการเกิดพันธะเดี่ยว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวตามรายละเอียดในใบความรู้ แล้วให้นักเรียนเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลไฮโดรเจนฟลูออไรด์ คลอรีนและน้ำ และตอบคำถามเกี่ยวกับจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โดยยกตัวอย่าง โครงสร้างลิวอิสของ Cl_2 และ PH_3 เขียนแสดงได้ดังนี้



3. ครูอธิบายเกี่ยวกับการเกิดพันธะคู่ พันธะสามและพันธะไออร์ติเนตโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นพันธะที่อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะมาจากอะตอมใดอะตอมหนึ่งตามรายละเอียดในใบความรู้ แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายการเกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ โดยยกตัวอย่าง ดังนี้



4. ครูอธิบายวิธีการเขียนสูตรและหลักการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ตามรายละเอียดในใบความรู้ และยกตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ เช่น

- N_2O_3 อ่านว่า ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์
- PCl_5 อ่านว่า ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์
- CO อ่านว่า คาร์บอนมอนอกไซด์

5. ครูให้ความรู้ให้นักเรียน เรื่อง การเขียนสูตรเคมี สูตรโมเลกุล สูตรอย่างง่าย สูตรโครงสร้าง สูตรแบบจุด สูตรแบบเส้น ตามรายละเอียดในใบความรู้ที่ 1

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ / การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมและให้นักเรียนศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในบทเรียนและใบความรู้จนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น

ขั้นที่ 4 อธิบาย (Explanation Phase)

เมื่อนักเรียนได้รับการเรียนรู้ จนเข้าใจเนื้อหาแล้วทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนในห้องกลุ่มละ 5 คน โดยให้สมาชิกภายในกลุ่มช่วยกันเสนอความคิดโดยมีขั้นตอนการเขียนแผนผังมโนทัศน์การทำงานดังนี้

1. นักเรียนช่วยกันคิดระบุชื่อของมโนทัศน์
2. นักเรียนหาลักษณะเฉพาะเป็นลักษณะที่มีอยู่เฉพาะในมโนทัศน์นั้นๆ และลักษณะที่ว่านี้จะไม่มีอยู่ในมโนทัศน์อื่นๆ โดยใช้ลักษณะเฉพาะเป็นตัวจำแนกมโนทัศน์หนึ่งออกจากอีกมโนทัศน์หนึ่ง
3. นักเรียนหาคำจำกัดความ เป็นการสรุปรวมลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้นๆ
4. นักเรียนหาลำดับชั้นสร้างมโนทัศน์ความสัมพันธ์
5. นักเรียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์จะช่วยให้เราสามารถจำแนกสิ่งที่เป็นมโนทัศน์ออกจากสิ่งที่ไม่เป็นมโนทัศน์

เมื่อนักเรียนทำตามขั้นตอนการเขียนแผนผังมโนทัศน์แล้วให้ออกมานำเสนอผลที่ได้จากการเรียนรู้ในหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 ขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase)

เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนผังมโนทัศน์เรียบร้อยแล้ว ให้ใช้ผลงานของกลุ่มตนเองไว้หน้าห้องแล้วให้นักเรียนทุกคนในห้องร่วมกันช่วยอภิปราย แล้วหลังจากนั้นให้นักเรียนในห้องทุกคนช่วยกันสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์อันใหม่ที่มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate)

- 1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรมมีส่วนใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือว่าข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ
- 2 นักเรียนร่วมกันประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคใดและได้มีการแก้ไขอย่างไรบ้าง
- 3 นักเรียนและครูร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์
- 4 ครูทดสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยทำแบบฝึกความสามารถการคิดเชิงมโนทัศน์และแบบฝึกหัดหลังเรียน เรื่องการเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ / การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

ขั้นที่ 7 นำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้ไปเชื่อมโยงกับ กฎออกแดด / ความยาวพันธะและพลังงานพันธะที่จะศึกษาในครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ / การเรียกชื่อพันธะโคเวเลนต์
2. หนังสือเรียนวิชาเคมี 1 ของ สสวท.
3. แบบฝึกการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์
4. แบบฝึกหัดหลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

การวัดผลประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารหรือพันธะเคมีได้	1.การสรุปความคิดมโนทัศน์	1. แบบฝึกการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
	2.วัดจากแบบฝึกหัด	2. แบบฝึกหัดหลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2. ทำแบบฝึกหัดถูก 60 % ขึ้นไป
2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	1.การสรุปความคิดมโนทัศน์	1. แบบฝึกการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
	2.วัดจากแบบฝึกหัด	2. แบบฝึกหัดหลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2. ทำแบบฝึกหัดถูก 60 % ขึ้นไป
3. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	1.การสรุปความคิดมโนทัศน์	1. แบบฝึกการคิดเชิงมโนทัศน์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
	2.วัดจากแบบฝึกหัด	2. แบบฝึกหัดหลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ / ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2. ทำแบบฝึกหัดถูก 60 % ขึ้นไป

ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ / การเรียกชื่อพันธะโคเวเลนต์

พันธะโคเวเลนต์ (Covalent bond) มาจากคำว่า co + valence electron ซึ่งหมายถึง พันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน ดังเช่น ในกรณีของไฮโดรเจน ดังนั้นลักษณะที่สำคัญของพันธะโคเวเลนต์ก็คือการที่อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ ๆ

- สารประกอบที่อะตอมแต่ละคูยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า สารโคเวเลนต์

- โมเลกุลของสารที่อะตอมแต่ละคูยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เรียกว่าโมเลกุลโคเว

เลนต์

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์

เนื่องจาก พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกันเพียง 1 คู่ หรือมากกว่า 1 คู่ก็ได้

- อิเล็กตรอนคู่ที่อะตอมทั้งสองใช้ร่วมกันเรียกว่า "อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ"

- อะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเรียกว่า อะตอมคู่ร่วมพันธะ

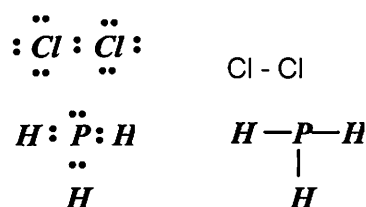
- ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เรียกว่าพันธะเดี่ยว เช่น ในโมเลกุลของไฮโดรเจน
- ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เรียกว่าพันธะคู่ เช่น ในโมเลกุลของออกซิเจน
- ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เรียกว่าพันธะสาม เช่น ในโมเลกุลของไฮโดรเจน

จากการศึกษาสารโคเวเลนต์จะพบว่า ธาตุที่จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ส่วนมากเป็นธาตุอโลหะกับอโลหะ ทั้งนี้เนื่องจากโลหะมีพลังงานไอออไนเซชันค่อนข้างสูง จึงเสียอิเล็กตรอนได้ยากเมื่ออโลหะรวมกันเป็นโมเลกุลจึงไม่มีอะตอมใดเสียอิเล็กตรอน มีแต่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ อย่างไรก็ตามโลหะบางชนิดก็สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับอโลหะได้ เช่น Be เกิดเป็นสารโคเวเลนต์คือ BeCl_2 เป็นต้น

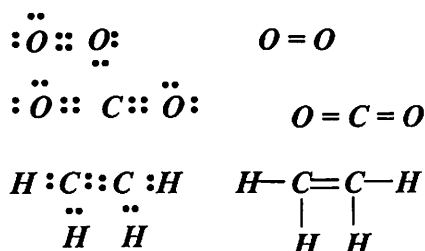
2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ พิจารณาจากจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันของอะตอมคู่ร่วมพันธะ ดังนี้

ก. พันธะเดี่ยว เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมคู่สร้างพันธะทั้งสองใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ใช้เส้น (-) แทนพันธะเดี่ยว เช่น



ข. พันธะคู่ เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมคู่สร้างพันธะทั้งสองใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ ใช้เส้น 2 เส้น (=) แทน 1 พันธะคู่ เช่นพันธะระหว่าง O ใน O₂ , O กับ C ใน CO₂ , C กับ H ใน C₂H₄



ค. พันธะสาม เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมคู่สร้างพันธะทั้งสองใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ ใช้เส้น 3 เส้น (\equiv) แทน 1 พันธะสาม เช่น พันธะระหว่าง N กับ N ใน N₂ , N กับ C ใน HCN

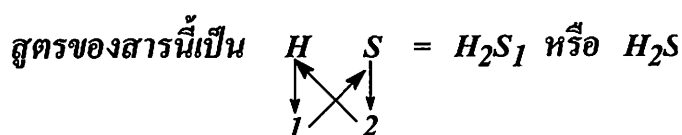
3. การเขียนสูตรโมเลกุล และการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

ก. การเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์

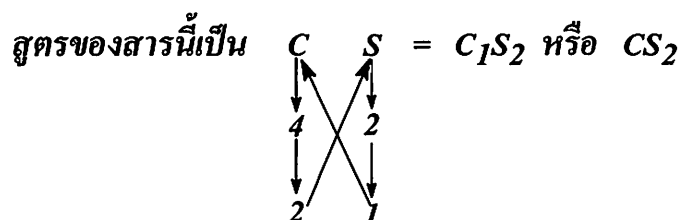
1. ให้เรียงลำดับธาตุให้ถูกต้องตามหลักสากล ดังนี้คือ Si , C , Sb , As , P , N , H , Te , Se , S , At , I , Br , Cl , O , F ตามลำดับ

2. ในสารประกอบโคเวเลนต์ ถ้าอะตอมของธาตุมีจำนวนอะตอมมากกว่าหนึ่งให้เขียนจำนวนอะตอมด้วยตัวเลขแสดงไว้มุมล่างทางขวา ในกรณีที่ธาตุในสารประกอบนั้นมีเพียงอะตอมเดียวไม่ต้องเขียนตัวเลขแสดงจำนวนอะตอม

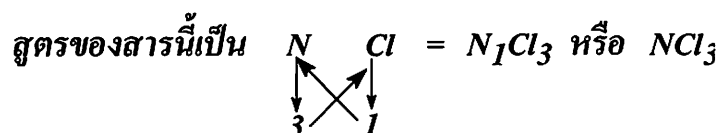
3. หลักการเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์ที่มีอะตอมของธาตุจัดเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นไปตามกฎออกเตต ใช้จำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของแต่ละอะตอมของธาตุนั้นไว้ เช่น สูตรของสารประกอบของธาตุ H กับ S ; H และ S มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 และ 6 ตามลำดับ ดังนั้น H และ S ต้องการอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจำนวน 1 และ 2 ตามลำดับ เพื่อให้แต่ละอะตอมของธาตุมีการจัดอิเล็กตรอนแบบก๊าซเฉื่อย



สูตรของสารประกอบของธาตุ S กับ C ; S และ C มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 6 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้น S และ C ต้องการอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจำนวน 2 และ 4 ตามลำดับ เพื่อให้แต่ละอะตอมของธาตุมีการจัดอิเล็กตรอนแบบก๊าซเฉื่อย



สูตรของสารประกอบของธาตุ N กับ Cl ; N และ Cl มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 5 และ 7 ตามลำดับ ดังนั้น N และ Cl ต้องการอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจำนวน 3 และ 1 ตามลำดับ เพื่อให้แต่ละอะตอมของธาตุมีการจัดอิเล็กตรอนแบบก๊าซเฉื่อย



ข. การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

1. สารประกอบของธาตุคู่ ให้อ่านชื่อธาตุที่อยู่ข้างหน้าก่อนแล้ว ตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่หลัง โดยเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไอดี (ide)

2. ให้ระบุจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุด้วยเลขจำนวนในภาษากรีกดังนี้

1 = mono- (มอนอ)	2 = di- (ได)
3 = tri- (ไตร)	4 = tetra- (เตตระ)
5 = penta- (เพนตะ)	6 = hexa- (เฮกซะ)
7 = hepta- (เฮปตะ)	8 = octa- (ออกตะ)
9 = nona- (โนนะ)	10 = deca- (เดคะ)

3. ถ้าสารประกอบนั้น อะตอมของธาตุแรกมีเพียงอะตอมเดียวไม่ต้องระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้น แต่ถ้าธาตุข้างหลังในสารประกอบใด ถึงแม้มีเพียงหนึ่งอะตอมก็ต้องระบุจำนวนอะตอมด้วยคำว่า "มอนอ" เสมอ เช่น

N_2O_3 อ่านว่า ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์

PCl_5 อ่านว่า ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์

CO อ่านว่า คาร์บอนมอนอกไซด์

P_2O_5 อ่านว่า ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์

4. การเขียนสูตรเคมี

สูตรเคมี หมายถึง สัญลักษณ์ที่ใช้เพื่อแสดงว่าสารประกอบนั้นมีธาตุอะไรบ้างเป็นองค์ประกอบอย่างละกี่อะตอม สูตรเคมีแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. สูตรโมเลกุล เป็นสูตรเคมีที่แสดงให้ทราบว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้างอย่างละกี่อะตอม เช่น สูตรโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส คือ $C_6H_{12}O_6$ แสดงว่ากลูโคสประกอบด้วยธาตุ C , H และ O จำนวน 6 , 12 และ 6 อะตอมตามลำดับ

สำหรับสูตรโมเลกุล ของสารโคเวเลนต์โดยทั่วไป จะเขียนสัญลักษณ์ของธาตุในโมเลกุลเรียงลำดับคือ B , Si , C , P , H , S , I , Sr , Cl , O และ F เช่น ClF OF₂ , CO₂ เป็นต้น

2. สูตรอย่างง่าย เป็นสูตรเคมีที่แสดงให้ทราบว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง มีอัตราส่วนของจำนวนอะตอมเป็นเท่าใด เช่น สูตรอย่างง่ายของกลูโคสคือ CH₂O ซึ่งแสดงว่ากลูโคสประกอบด้วยธาตุ C , H และ O โดยมีอัตราส่วนอะตอมของ C : H : O = 1 : 2 : 1

3. สูตรโครงสร้าง เป็นสูตรเคมีที่แสดงให้ทราบว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้างอย่างละกี่อะตอมและแต่ละอะตอมยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมีอย่างไร จะเห็นได้ว่าสูตรโครงสร้างของสารให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ ในโมเลกุลมากกว่าสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

สูตรโครงสร้างสามารถเขียนได้ 2 แบบคือ สูตรโครงสร้างแบบจุด (electron dot formula) หรือสูตรโครงสร้างแบบลิวอิส (Lewis formula) และสูตรโครงสร้างแบบเส้น (graphic formula) สูตรโครงสร้างทั้ง 2 แบบจะแสดงเฉพาะเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

ก. สูตรโครงสร้าง

ใช้สัญลักษณ์เป็นจุด (.) แทนเวเลนซ์อิเล็กตรอนโดยเขียนไว้รอบ ๆ สัญลักษณ์ของธาตุ หรืออาจจะใช้สัญลักษณ์เป็น x แทนเวเลนซ์อิเล็กตรอนก็ได้เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างอิเล็กตรอนของธาตุคู่ร่วมพันธะต่างชนิดกัน

โดยทั่ว ๆ ไปการเขียนสูตรแบบจุดจะมีข้อกำหนดดังนี้

1. อะตอมของธาตุก่อนเขียน ให้เขียนแยกกัน และเขียนจุด (.) แสดงเวเลนซ์อิเล็กตรอนล้อมรอบสัญลักษณ์ของธาตุ โดยมีจำนวนจุดเท่ากับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน เช่น

^1_1H มี 1 เวเลนซ์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดเป็น H

^8_8O มี 6 เวเลนซ์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดเป็น $\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$

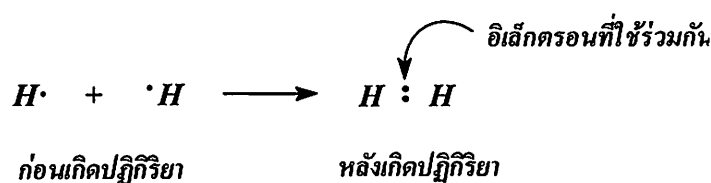
$^{15}_{15}\text{P}$ มี 5 เวเลนซ์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดเป็น $\text{:}\ddot{\text{P}}\text{:}$

2. เมื่ออะตอม 2 อะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์ ให้เขียนสูตรแบบจุดของอะตอมทั้งสองไว้ด้วยกัน สำหรับอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน ให้เขียนจุด (.) ไว้ในระหว่างสัญลักษณ์ของอะตอมคู่ร่วมพันธะ ส่วนอิเล็กตรอนที่ไม่ได้ร่วมกัน หรืออิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะ ให้เขียนด้วยจุดไว้บนอะตอมเดิม

จะเห็นว่าการเขียนสูตรแบบจุดจำเป็น ต้องทราบจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุคู่ร่วมพันธะก่อนซึ่งอาจจะทราบจากเลขอะตอมของธาตุ หลังจากนั้นจึงจะนำมาเขียนเป็นสูตรแบบจุดตัวอย่างเช่น

1. สูตรแบบจุดของไฮโดรเจน (H_2)

${}_1H$ มี 1 เวเลนซ์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดได้เป็น $H\cdot$ เมื่อ $H\cdot$ 2 อะตอมรวมกันเป็นโมเลกุล จะมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ จึงเขียนสูตรแบบจุดได้ดังนี้

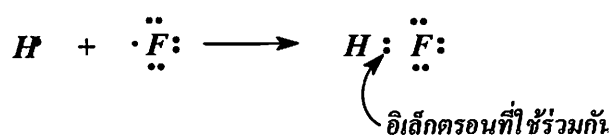


2. สูตรแบบจุดของก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)

${}_9F$ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2, 7

ดังนั้นมี 7 เวเลนซ์อิเล็กตรอน สูตรแบบจุดคือ $\cdot\ddot{F}:$

เมื่อ H รวมกับ F เป็น HF เขียนเป็นสูตรแบบจุดได้ดังนี้



H และ F ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพียง 1 คู่ในโมเลกุลของ HF จึงมีพันธะโคเวเลนต์เพียง 1 พันธะ โดยเขียนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันไว้ระหว่างธาตุ H กับ F สำหรับอิเล็กตรอนที่เหลือของ F 6 อิเล็กตรอนก็เขียนไว้บนอะตอมของ F

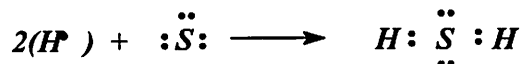
3. สูตรแบบจุดของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

กำมะถันมีเลขอะตอมเท่ากับ 16

เพราะฉะนั้นมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2, 8, 6

$_{16}\text{S}$ จึงมี 6 เวเลนต้อิเล็กตรอน สูตรแบบจุดคือ $:\ddot{\text{S}}:$

เมื่อ H รวมกับ S เป็น H_2S เขียนสูตรแบบจุดได้เป็นดังนี้



ในโมเลกุลของ H_2S มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่าง H กับ S 2 คู่ ดังนั้นในโมเลกุลของ H_2S จึงมีพันธะโคเวเลนต์ 2 พันธะ อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันทั้ง 2 คู่เขียนไว้ระหว่างอะตอมของ H กับ S ส่วนอิเล็กตรอนที่เหลือของ S 4 อิเล็กตรอนให้เขียนไว้บนอะตอมของ S

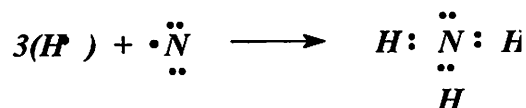
4. สูตรแบบจุดของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)

ไนโตรเจนเป็นธาตุหมู่ที่ 5 มีเลขอะตอมเท่ากับ 7

เพราะฉะนั้นมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 5

$_{7}\text{N}$ จึงมี 5 เวเลนต้อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดได้ดังนี้ $\cdot\ddot{\text{N}}\cdot$

เมื่อ N รวมกับ H เป็น NH_3 เขียนสูตรแบบจุดได้ดังนี้



จะเห็นได้ว่าในโมเลกุลของ NH_3 มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่าง H กับ N 3 คู่ จึงพันธะโคเวเลนต์ 3 พันธะ

5. สูตรแบบจุดของฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ (PCl_3)

P มีเลขอะตอมเท่ากับ 15

เพราะฉะนั้น P มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 5

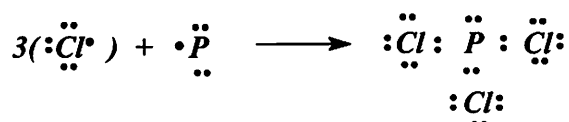
$_{15}\text{P}$ จึงมี 5 เวเลนต้อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดได้เป็น $\cdot\ddot{\text{P}}\cdot$

Cl มีเลขอะตอมเท่ากับ 17

เพราะฉะนั้น Cl มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 7

$_{17}\text{Cl}$ จึงมี 7 เวเลนต้อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดได้เป็น $:\ddot{\text{Cl}}\cdot$

เมื่อ Cl 3 อะตอม รวมตัวกับ P 1 อะตอม เกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ PCl_3 จะเขียนสูตรแบบจุดได้ดังนี้



ในโมเลกุลของ PCl_3 มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุ P กับ Cl รวม 3 คู่เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ 3 พันธะ

ข. สูตรโครงสร้างแบบเส้น

เป็นการเขียนสูตรโครงสร้างของโมเลกุลโคเวเลนต์อีกแบบหนึ่งซึ่งแตกต่างจากสูตรแบบจุดเล็กน้อย โดยกำหนดให้ใช้เส้นตรง (-) แทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ หรือแทนพันธะโคเวเลนต์ 1 พันธะ ทั้งนี้ให้เขียนไว้ในระหว่างสัญลักษณ์ของธาตุคู่ร่วมพันธะ สำหรับอิเล็กตรอนที่ไม่ใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะเขียนไว้หรือไม่เขียนก็ได้ (ปกติจะไม่เขียน) สูตรแบบเส้นจึงเป็นการกำหนดขึ้นมาเพื่อให้เขียนสูตรโครงสร้างได้สะดวก และง่ายขึ้น ทั้งนี้เพราะไม่จำเป็นต้องแสดงเวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดของธาตุคู่ร่วมพันธะ

ให้ใช้เส้นตรง 1 เส้น (-) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่

ให้ใช้เส้นตรง 2 เส้น (=) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 2 คู่

ให้ใช้เส้นตรง 3 เส้น (\equiv) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 3 คู่

ตัวอย่างสูตรแบบเส้น

1. สูตรแบบเส้นของก๊าซไฮโดรเจน (H_2)

สูตรแบบจุดของ H_2 คือ $\text{H}:\text{H}$

จะเห็นได้ว่า H ทั้งสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่จึงใช้เส้นตรง 1 เส้นเขียนแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ โดยเขียนไว้ระหว่าง H ทั้งสองอะตอม เพราะฉะนั้นสูตรโครงสร้างแบบเส้นของ H_2 จึงเป็น $\text{H}-\text{H}$

2. สูตรโครงสร้างแบบเส้นของก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)

สูตรแบบจุดของ HF คือ $\text{H}:\ddot{\text{F}}:$

จะเห็นได้ว่าอะตอม H กับ F มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพียง 1 คู่ จึงใช้เส้นตรง 1 เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ

เพราะฉะนั้นสูตรแบบเส้นของ HF จึงเป็น $\text{H}-\text{F}$

3. สูตรแบบเส้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

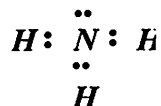
สูตรแบบจุดของ H_2S คือ $\text{H}:\ddot{\text{S}}:\text{H}$

จะเห็นได้ว่า H และ S ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่จึงใช้เส้นตรง 1 เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่

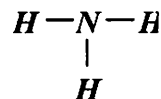
ในโมเลกุลของ H_2S จึงมี 2 พันธะโคเวเลนต์

เพราะฉะนั้น สูตรแบบเส้นของ H_2S คือ $\text{H}-\text{S}-\text{H}$

4. สูตรแบบเส้นของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)

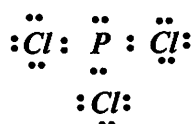


สูตรแบบจุดของ NH_3 คือ

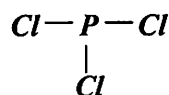


เพราะฉะนั้นสูตรแบบเส้นของ NH_3 จึงเป็น

5. สูตรแบบเส้นของฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ (PCl_3)



สูตรแบบจุดคือ



เพราะฉะนั้นเขียนสูตรแบบเส้นได้เป็น

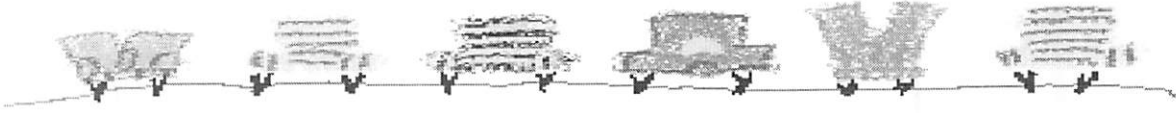
หมายเหตุ

ก. การเขียนสูตรโครงสร้างแสดงพันธะโคเวเลนต์ทั้ง 2 แบบนี้เป็นเพียงสูตรที่เขียนขึ้นเพื่อความสะดวกเท่านั้นไม่ได้แสดงตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนที่เข้าร่วมกันซึ่งเขียนไว้ระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะก็ไม่ได้หมายความว่าอิเล็กตรอนทั้งคู่จะต้องอยู่ระหว่างนิวเคลียสทั้งสองตลอดเวลา อิเล็กตรอนทั้งคู่อาจจะไปอยู่ส่วนอื่น ๆ ของอะตอมได้ แต่อย่างไรก็ตามโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนทั้งคู่อยู่ ระหว่างนิวเคลียสทั้งสองมีมากกว่าบริเวณอื่น ๆ

ข. การเขียนสูตรโครงสร้างทั้งสองแบบนี้ จุดหรือเส้นเพียงแต่แสดงจำนวนพันธะที่แต่ละอะตอมสร้างขึ้น ไม่ได้แสดงตำแหน่งของพันธะหรือตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอน รวมทั้งไม่ได้แสดงโครงสร้างของโมเลกุล

$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \cdot\cdot \quad \cdot\cdot \\ \text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H} \end{array}$	$4(\text{H}) \quad 2(\text{C})$	C_2H_4	เอทิลีน
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{P}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \cdot\cdot \\ \text{H}:\text{P}:\text{H} \end{array}$	$3(\text{H})$	PH_3	ฟอสฟีน
$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl}-\text{B}-\text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Cl}:\text{B}:\text{Cl} \\ \cdot\cdot \end{array}$	$3(\text{Cl})$	BCl_3	โบรอนไคลด์
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \cdot\cdot \\ \text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H} \\ \cdot\cdot \\ \text{O} \end{array}$	$4(\text{H}) \quad 2(\text{C}) \quad 2(\text{O})$	CH_3COOH	กรดอะซิติก
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \cdot\cdot \\ \text{H}:\text{O}::\text{C}:\text{O}:\text{H} \\ \cdot\cdot \end{array}$	$2(\text{H}) \quad 3(\text{O})$	H_2CO_3	กรดคาร์บอนิก
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \cdot\cdot \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ \cdot\cdot \\ \text{H} \end{array}$	$4(\text{H})$	CH_4	มีเทน
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \cdot\cdot \quad \cdot\cdot \\ \text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H} \\ \cdot\cdot \quad \cdot\cdot \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$6(\text{H}) \quad 2(\text{C}) \quad 2(\text{O})$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	เอทานอล
$\text{N} \equiv \text{C}-\text{H}$	$\text{H}:\text{N}::\text{C}:\text{H}$	$\text{H} \quad \cdot\cdot \quad \cdot\cdot$	NCH	ไฮไดรเจนไซยาไนด์
$\text{H}-\text{O}-\text{H}$	$\text{H}:\text{O}:\text{H}$	$2(\text{H})$	H_2O	น้ำ
$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\text{O}::\text{C}::\text{O}:$	$2(\text{O})$	CO_2	คาร์บอนไดออกไซด์
$\text{N} \equiv \text{N}$	$\text{N}::\text{N}:$	$\cdot\cdot \quad \cdot\cdot$	N_2	ไนโตรเจน
$\text{O}=\text{O}$	$\text{O}::\text{O}:$	$\cdot\cdot \quad \cdot\cdot$	O_2	ออกซิเจน
$\text{Cl}-\text{Cl}$	$\text{Cl}:\text{Cl}:$	$\cdot\cdot \quad \cdot\cdot$	Cl_2	คลอรีน
หมู่แก๊ว	ของแข็ง	ของเหลว	ของแข็ง	ของแข็ง

ตารางที่ 1. โครงสร้างและสูตรของแก๊วและของแข็งและของเหลว



គ្រួសារស្រូវ ឧទាម មិនមែន
ដើម្បីស្រូវស្រែ

គ្រួសារ
ស្រូវស្រែ



គ្រួសារស្រូវស្រែ
ស្រូវស្រែ

គ្រួសារស្រូវស្រែ
ស្រូវស្រែ

គ្រួសារស្រូវស្រែ

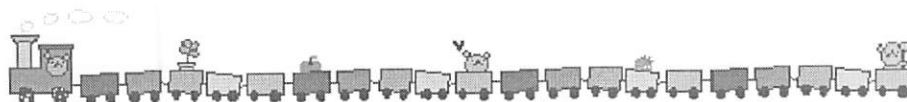
แบบฝึกความสามารรถการคิดเชิงมโนทัศน์ 1
เรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ / การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

โรงเรียน _____

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารหรือพันธะเคมีได้
2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุนชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้
3. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้



เรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ข้างต้นแล้วนำมาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ โดยนักเรียนจะต้องเขียนแผนผังมโนทัศน์ยึดตามองค์ประกอบของการคิดเชิงมโนทัศน์อย่างครบถ้วน

- 1.1 เขียนคำแสดงชื่อมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
- 1.2 เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
- 1.3 เขียนจัดลำดับชั้นของมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
- 1.4 เขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย
- 1.5 เขียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์

พันธะโคเวเลนต์(Covalent bond) มาจากคำว่า co + valence electron ซึ่งหมายถึง พันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอน

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์

เนื่องจาก พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกันเพียง 1 คู่ หรือมากกว่า 1 คู่ก็ได้

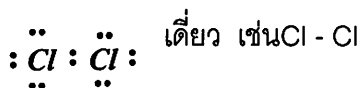
- อิเล็กตรอนคู่ที่อะตอมทั้งสองใช้ร่วมกันเรียกว่า "อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ"
- อะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเรียกว่า อะตอมคู่ร่วมพันธะ

จากการศึกษาสารโคเวเลนต์จะพบว่า ธาตุที่จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ส่วนมากเป็นธาตุอโลหะกับอโลหะ ทั้งนี้เนื่องจากโลหะมีพลังงานไอออไนเซชันค่อนข้างสูง จึงเสียอิเล็กตรอนได้ยาก เมื่ออโลหะรวมกันเป็นโมเลกุลจึงไม่มีอะตอมใดเสียอิเล็กตรอน มีแต่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ อย่างไรก็ตามโลหะบางชนิดก็สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับอโลหะได้ เช่น Be เกิดเป็นสารโคเวเลนต์คือ BeCl_2 เป็นต้น

2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ พิจารณาจากจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันของอะตอมคู่ร่วมพันธะ ดังนี้

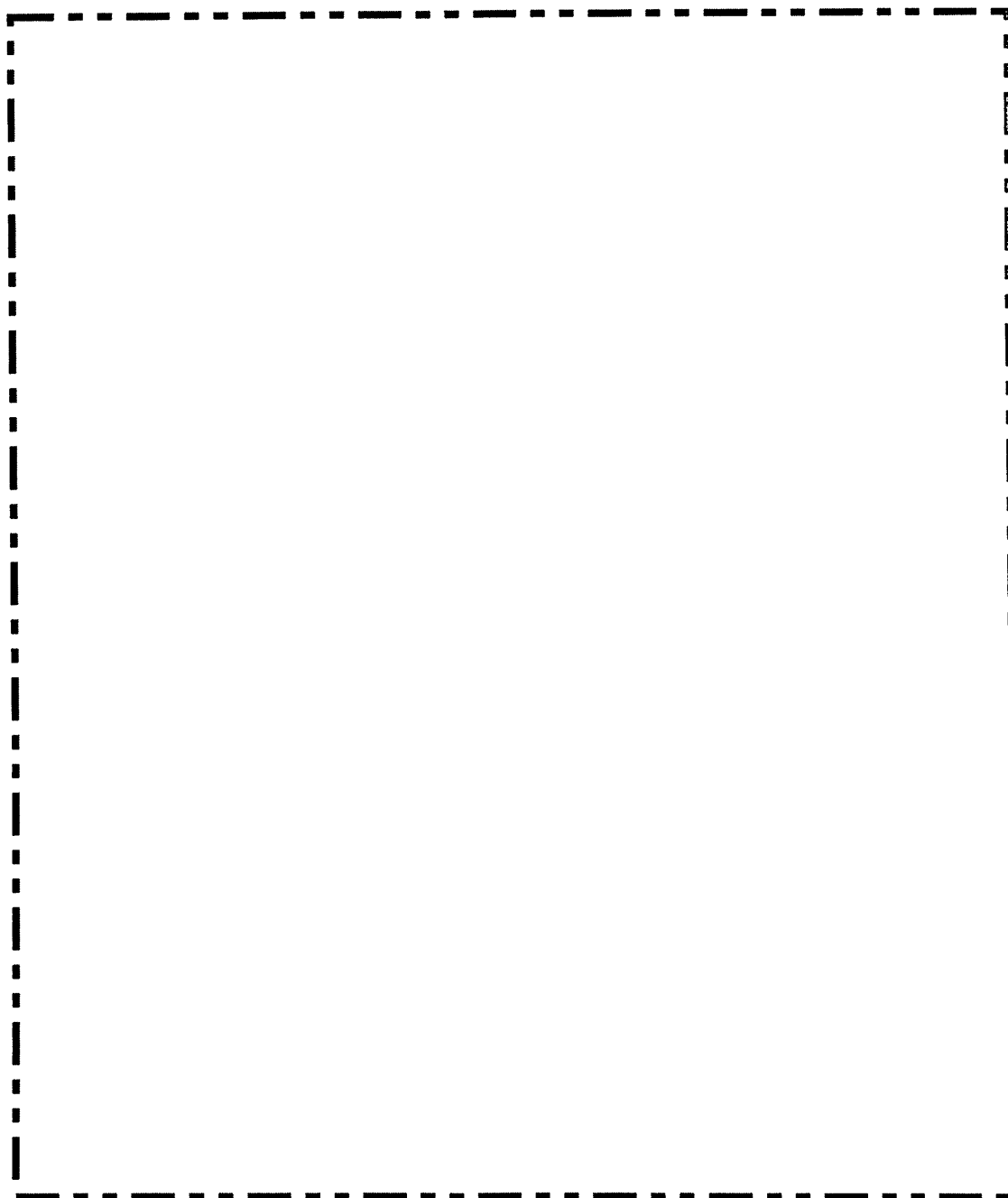
ก. พันธะเดี่ยวเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมคู่สร้างพันธะทั้งสองใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ใช้เส้น (-) แทนพันธะ



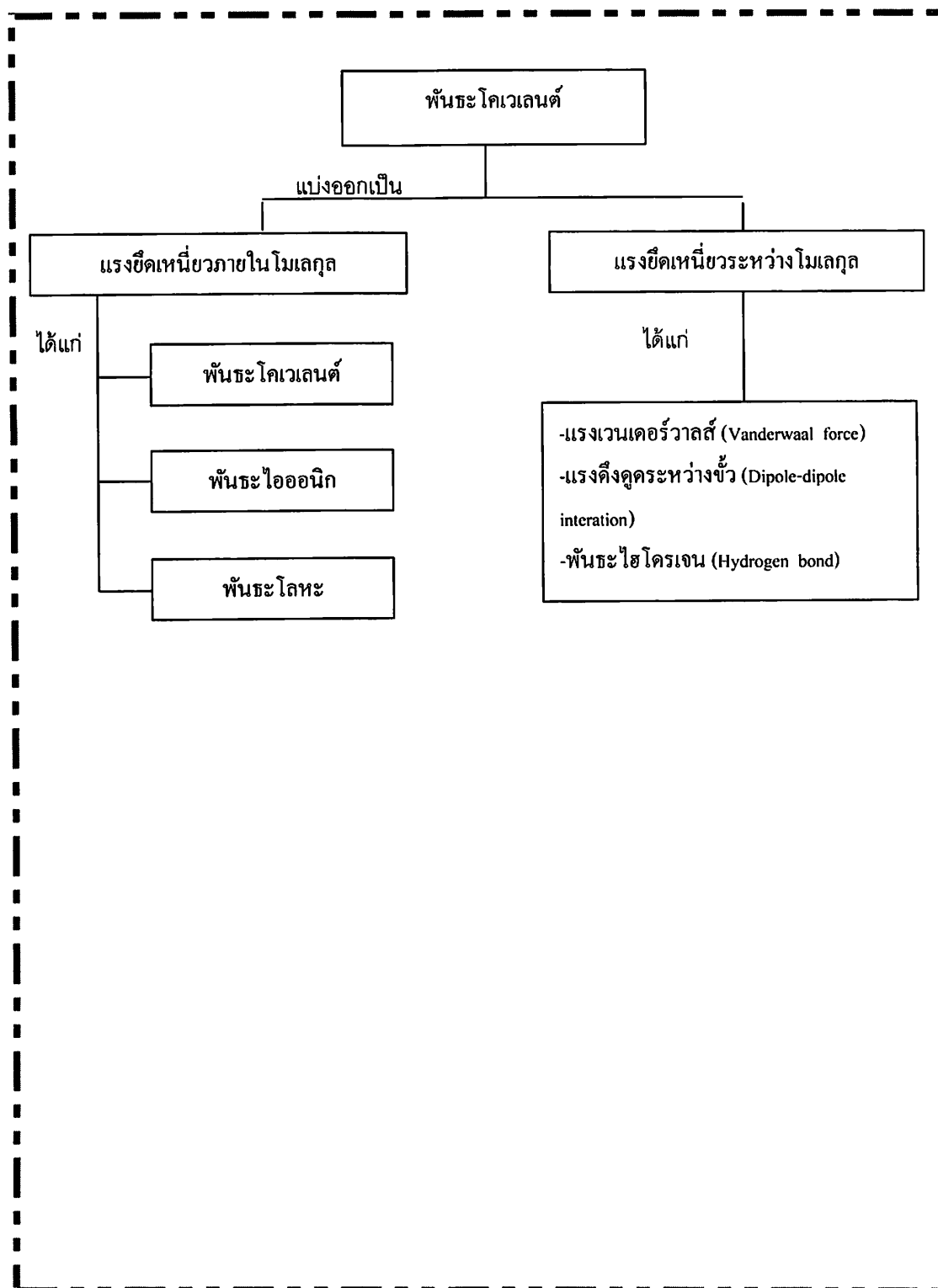
ข. พันธะคู่เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมคู่สร้างพันธะทั้งสองใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ ใช้เส้น 2 เส้น (=) แทน 1 พันธะคู่ เช่นพันธะระหว่าง O ใน O_2 , O กับ C ใน CO_2 , C กับ H ใน C_2H_4



ค. พันธะสามเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมคู่สร้างพันธะทั้งสองใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ ใช้เส้น 3 เส้น (\equiv) แทน 1 พันธะสาม เช่น พันธะระหว่าง N กับ N ใน N_2 , N กับ C ใน HCN



(เฉลย)



แบบฝึกหัดหลังเรียน
เรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ / การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

คำชี้แจง ให้นักเรียน X ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

- ธาตุคู่ใดต่อไปนี้เมื่อทำปฏิกิริยากันแล้วได้สารประกอบโคเวเลนต์

ก คาร์บอนกับกำมะถัน	ข โซเดียมกับออกซิเจน
ค แมกนีเซียมกับคลอรีน	ง โพแทสเซียมกับฟลูออรีน
- สารประกอบออกไซด์ของธาตุ B, E ที่มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น $^{19}_9\text{B}$, $^{28}_{14}\text{E}$ มีสูตรข้อใดถูกต้องทั้งหมด ถ้าการรวมตัวเป็นไปตามกฎออกเตต

ก B_2O , EO_2	ข BO_2 , E_2O	ค BO , EO_3	ง BO , E_3O
--	--	-------------------------------	--------------------------------------
- สูตรของสารประกอบระหว่างธาตุ X และ Y ที่มีเลขอะตอมเป็น 9 และ 15 ตามลำดับ

ก XY_3	ข X_3Y	ค XY_4	ง X_4Y
-----------------	------------------------	-----------------	------------------------
- สารคู่ใดต่อไปนี้ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตทั้งหมด

ก PCl_3 , ClF_3	ข NF_3 , BF_3	ค BCl_3 , BeCl_2	ง ClF , SF_6
-----------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------
- สารในข้อใดที่มีสูตรแบบจุดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ก SO_3	ข CO_3^{2-}	ค NO_2	ง ClO^-
-----------------	----------------------	-----------------	------------------
- ธาตุ X สามารถเกิดสารประกอบอย่างง่ายที่มีสูตร XCl_3 , X_2O_5 และ Ca_3X_2 แต่ไม่เกิด XF_6 ดังนั้นธาตุ X อาจเป็นธาตุใด

ก Al	ข N	ค Br	ง B
------	-----	------	-----
- ธาตุ A อยู่ในหมู่ที่ VI และคาบที่ III ถ้าธาตุ A เกิดเป็นสารประกอบฟลูออไรด์จำนวนอะตอมฟลูออรีนสูงสุดที่สามารถเกิดพันธะกับธาตุ A ได้จะเป็นเท่าใด

ก 2 อะตอม	ข 3 อะตอม	ค 5 อะตอม	ง 6 อะตอม
-----------	-----------	-----------	-----------
- ธาตุ A อยู่ในคาบที่ III ของตารางธาตุ มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 5 และมีนิวตรอนเท่ากับ 16 ดังนั้นธาตุ A เมื่อรวมกับ F อาจได้สารที่มีสูตร

ก AF	ข AF_2	ค AF_3	ง AF_4
------	-----------------	-----------------	-----------------
- โมเลกุลของสารในข้อใดที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่ทุกโมเลกุล

ก BeCl_2 , PCl_5	ข C_2H_4 , C_2H_2	ค PH_3 , H_2S	ง SF_6 , F_2O
------------------------------------	---	--	--
- การอ่านชื่อสารข้อใดผิด

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

(ក្រុម)



1. ក	2. ក	3. ក	4. ក	5. ក
6. ក	7. ក	8. ក	9. ក	10. ក

แบบบันทึกการสังเกตความรับผิดชอบในการทำงาน

ชั้น.....ครั้งที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้สังเกต.....

ที่	พฤติกรรมซึ่ง ระดับคะแนน	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายอย่าง เต็มความสามารถ			ร่วมปรึกษา และวางแผนกับ เพื่อนในกลุ่ม			ปฏิบัติงาน ตรงตามเวลา ที่ได้นัดหมาย			ปฏิบัติตาม ข้อตกลง ของกลุ่ม			ให้ความร่วมมือ ในการทำงาน ของกลุ่ม			แนววิธีทำงาน และช่วยเหลือ เพื่อนในกลุ่ม			ทำงาน เสร็จทันตาม กำหนดเวลา			เห็นประโยชน์ ส่วนรวมมากกว่า ประโยชน์ส่วนตัว			ปรับปรุง พัฒนางาน ได้มีคุณภาพ			รวม 27
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1				
ชื่อ - สกุล																													

คำชี้แจง : สังเกตพฤติกรรมความรับผิดชอบในการทำงานของผู้เรียนแต่ละคน และเขียนเครื่องหมาย 3 ลงในช่องระดับคะแนน

- ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับสูง
- ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับปานกลาง
- ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับต่ำ

เกณฑ์การประเมิน ได้คะแนน 18 คะแนนขึ้นไป ถือว่า ผ่านเกณฑ์

แบบบันทึกการสังเกตความตั้งใจในการทำงาน

ชั้น.....ครั้งที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้สังเกต.....

เลขที่	พฤติกรรมซึ่ง ระดับคะแนน	เข้าร่วม กิจกรรมโดย ไม่บิดพลิ้ว			ทำงานทุกครั้ง ที่ได้รับ มอบหมาย			เตรียมอุปกรณ์ ตรงตามที่ ครูสั่ง			ทำงานเสร็จ ทันเวลา ที่กำหนด			ไม่รบกวน ผู้อื่นในเวลา ทำงาน			แก้ปัญหา ที่เกิดขึ้น ด้วยตนเอง			ตรวจสอบ ผลงาน ก่อนส่ง			รวม คะแนน 21
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1				
ชื่อ - สกุล																							

คำชี้แจง : สังเกตพฤติกรรมความตั้งใจในการทำงานของผู้เรียนแต่ละคน และเขียนเครื่องหมาย 3 ลงในช่องระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับสูง

ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับปานกลาง

ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับต่ำ

เกณฑ์การประเมิน ได้คะแนน 14 คะแนนขึ้นไป ถือว่า ผ่านเกณฑ์

แบบบันทึกการสังเกตความกระตือรือร้นในการทำงาน

ชั้น.....ครั้งที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้สังเกต.....

เลข ที่	พฤติกรรมซึ่ง ระดับคะแนน	อาสาทำงาน			เตรียมพร้อม ที่จะ ร่วมกิจกรรม			พร้อมที่จะปฏิบัติ ตามคำสั่ง ในกิจกรรม			ร่วมกิจกรรม ไม่เบื่อหน่าย หรือฝืนใจ			ร่วมมือ ทำงานกับ ผู้อื่นได้			แก้ปัญหาและ ข้อบกพร่องใน ขณะร่วมกิจกรรม			ทำงานทันเวลา			รวม คะแนน 21	
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1					
ชื่อ - สกุล																								

คำชี้แจง : สังเกตพฤติกรรมความกระตือรือร้นในการทำงานของผู้เรียนแต่ละคน และเขียนเครื่องหมาย 3 ลงในช่องระดับคะแนน

- ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับสูง
- ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับปานกลาง
- ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับต่ำ

เกณฑ์การประเมิน ได้คะแนน 16 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

แนวการให้คะแนนการสังเกตพฤติกรรม

- ระดับ 4
1. ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มอย่างดีเยี่ยม
 2. มีความตั้งใจในการทำงานอย่างดีเยี่ยม
 3. ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่นอย่างดี
 4. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์แปลกใหม่
 5. ทำงานเสร็จทันเวลา
- ระดับ 3
1. ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มอย่างดี
 2. มีความตั้งใจในการทำงานอย่างดี
 3. ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น
 4. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
 5. ทำงานเสร็จช้ากว่าเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที
- ระดับ 2
1. ให้ความร่วมมือในการทำงานพอใช้
 2. มีความตั้งใจในการทำงานพอใช้
 3. ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น
 4. ขาดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
 5. ทำงานเสร็จช้ากว่าเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
- ระดับ 1
1. ไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานพอใช้
 2. ไม่มีความตั้งใจในการทำงานพอใช้
 3. ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น
 4. ขาดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
 5. ทำงานไม่เสร็จ

เกณฑ์การประเมินหรือแนวทางให้คะแนนพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้

องค์ประกอบที่ 1 วางแผนการศึกษาค้นคว้า

- 4 หมายถึง กำหนดจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า ประเด็นการเรียนรู้ วิธีการ เครื่องมือ การเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้องเหมาะสมดีมาก
- 3 หมายถึง กำหนดจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า ประเด็นการเรียนรู้ วิธีการ เครื่องมือ การเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้องเหมาะสมดี
- 2 หมายถึง กำหนดจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า ประเด็นการเรียนรู้ วิธีการ เครื่องมือ การเรียนรู้ด้วยตนเองได้บ้าง และมีความถูกต้องเหมาะสมพอใช้
- 1 หมายถึง กำหนดจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า ประเด็นการเรียนรู้ วิธีการ เครื่องมือ การเรียนรู้ด้วยตนเองได้น้อยมาก ต้องได้รับคำแนะนำเกือบ

ทั้งหมด

องค์ประกอบที่ 2 เรียนรู้ตามแผนที่วางไว้

- 4 หมายถึง ศึกษาค้นคว้าตามแผนที่วางไว้ บันทึกข้อมูลได้ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนด ผลงานสมบูรณ์ดีมาก
- 3 หมายถึง ศึกษาค้นคว้าตามแผนที่วางไว้ บันทึกข้อมูลได้ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนด ผลงานสมบูรณ์ดี
- 2 หมายถึง ศึกษาค้นคว้าตามแผนที่วางไว้ บันทึกข้อมูลได้ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนดได้บางส่วน ผลงานสมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- 1 หมายถึง ไม่ศึกษาค้นคว้าตามแผนที่วางไว้ บันทึกข้อมูลได้น้อยมาก ผลงานอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง

องค์ประกอบที่ 3 นำเสนอข้อค้นพบ

- 4 หมายถึง นำเสนอข้อค้นพบได้ชัดเจน เข้าใจง่าย ครบถ้วนตามจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
- 3 หมายถึง นำเสนอข้อค้นพบได้ชัดเจนพอสมควร ค่อนข้างครบถ้วนตามจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
- 2 หมายถึง นำเสนอข้อค้นพบได้ไม่ครบถ้วนตามจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า แต่ภาพรวมของการนำเสนออยู่ในเกณฑ์พอใช้
- 1 หมายถึง นำเสนอข้อค้นพบได้น้อยมากไม่ครบถ้วนตามจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า ภาพรวมของการนำเสนออยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง

องค์ประกอบที่ 4 วิเคราะห์อภิปราย

- 4 หมายถึง วิเคราะห์ จำแนก เปรียบเทียบ จัดกลุ่มจัดลำดับข้อมูลที่ค้นพบได้ด้วยตนเองทั้งหมดนำเสนอและอภิปรายได้ชัดเจนเหมาะสมกับจุดประสงค์ของศึกษาค้นคว้า
- 3 หมายถึง วิเคราะห์ จำแนก เปรียบเทียบ จัดกลุ่มจัดลำดับข้อมูลที่ค้นพบได้ด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ นำเสนอและอภิปรายได้ค่อนข้างชัดเจนเหมาะสมกับจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
- 2 หมายถึง วิเคราะห์ จำแนก เปรียบเทียบ จัดกลุ่มจัดลำดับข้อมูลที่ค้นพบได้ด้วยตนเองเป็นบางส่วน นำเสนอและอภิปรายได้บ้าง และสอดคล้องกับจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
- 1 หมายถึง วิเคราะห์ จำแนก เปรียบเทียบ จัดกลุ่มจัดลำดับข้อมูลที่ค้นพบได้น้อยมาก นำเสนอและอภิปรายได้น้อยและไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า

องค์ประกอบที่ 5 สรุปเป็นความคิดรวบยอด

- 4 หมายถึง สรุปความคิดรวบยอดของข้อมูลที่ค้นพบได้ด้วยตนเอง ความคิดรวบยอดครบถ้วนชัดเจนตามจุดประสงค์
- 3 หมายถึง สรุปความคิดรวบยอดของข้อมูลที่ค้นพบได้ด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ ความคิดรวบยอดเกือบครบถ้วนชัดเจนตามจุดประสงค์
- 2 หมายถึง สรุปความคิดรวบยอดของข้อมูลที่ค้นพบได้เป็นบางส่วน ความคิดรวบยอดสอดคล้องกับจุดประสงค์
- 1 หมายถึง สรุปความคิดรวบยอดของข้อมูลที่ค้นพบด้วยตนเองได้น้อย ความคิดรวบยอดไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

เกณฑ์การตัดสินผล

ผู้เรียนต้องมีพฤติกรรมในแต่ละองค์ประกอบอย่างน้อยระดับ 2 ขึ้นไป จำนวน 3 ใน 5 รายการจึงถือว่า ผ่านเกณฑ์

เกณฑ์การประเมินหรือแนวทางให้คะแนน

พฤติกรรมด้านการศึกษาค้นคว้า

องค์ประกอบที่ 1 เนื้อหาสาระครบถ้วนตรงตามประเด็น

- 4 หมายถึง มีเนื้อหาสาระครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนดทั้งหมด
- 3 หมายถึง มีเนื้อหาสาระค่อนข้างครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนดทั้งหมด
- 2 หมายถึง มีเนื้อหาสาระไม่ครบถ้วนตามประเด็น
แต่ภาพรวมของสาระทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์พอใช้
- 1 หมายถึง มีเนื้อหาสาระไม่ครบถ้วนตามประเด็นและ
ภาพรวมของสาระทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง

องค์ประกอบที่ 2 ความถูกต้องของเนื้อหาสาระ

- 4 หมายถึง เนื้อหาสาระทั้งหมดถูกต้องตามข้อเท็จจริงและหลักวิชา
- 3 หมายถึง เนื้อหาสาระเกือบทั้งหมดถูกต้องตามข้อเท็จจริงและหลักวิชา
- 2 หมายถึง เนื้อหาสาระบางส่วนถูกต้องตามข้อเท็จจริง และหลักวิชาต้อง
แก้ไขบางส่วน
- 1 หมายถึง เนื้อหาสาระส่วนใหญ่ไม่ถูกต้องตามข้อเท็จจริง และ
หลักวิชาต้องแก้ไขเป็นส่วนใหญ่

องค์ประกอบที่ 3 ภาษาถูกต้องเหมาะสม

- 4 หมายถึง สะกด การันต์ถูกต้อง ถ้อยคำสำนวนเหมาะสมดีมาก
ลำดับความได้ชัดเจนเข้าใจง่าย
- 3 หมายถึง สะกด การันต์ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ถ้อยคำสำนวนเหมาะสมดี
ลำดับความได้ดีพอใช้
- 2 หมายถึง สะกด การันต์มีผิดอยู่บ้าง ถ้อยคำสำนวนเหมาะสมพอใช้
ลำดับความพอเข้าใจ
- 1 หมายถึง สะกด การันต์ผิดมาก ถ้อยคำสำนวนไม่เหมาะสม
ลำดับความได้ไม่ชัดเจน

องค์ประกอบที่ 4 ค้นคว้าจากแหล่งความรู้หลากหลาย

- 4 หมายถึง ค้นคว้าจากแหล่งความรู้หลากหลาย ตั้งแต่ 4 แหล่งขึ้นไป
- 3 หมายถึง ค้นคว้าจากแหล่งความรู้หลากหลาย ตั้งแต่ 3 แหล่งขึ้นไป
- 2 หมายถึง ค้นคว้าจากแหล่งความรู้ 2 แหล่ง
- 1 หมายถึง ใช้ความรู้เพียงแหล่งเดียว

องค์ประกอบที่ 5 รูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ

- 4 หมายถึง รูปแบบการนำเสนองาน แปลกใหม่ น่าสนใจดี ลำดับเรื่องราวได้ดีมาก
- 3 หมายถึง รูปแบบการนำเสนองาน น่าสนใจ ลำดับเรื่องราวได้ดี
- 2 หมายถึง รูปแบบการนำเสนองาน น่าสนใจพอใช้ ลำดับเรื่องราวได้พอใช้
- 1 หมายถึง รูปแบบการนำเสนองาน ไม่น่าสนใจ ลำดับเรื่องราวได้ไม่ดี

องค์ประกอบที่ 6 ประเมินปรับปรุงและแสดงความรู้สึกต่อชิ้นงาน

- 4 หมายถึง วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของงานได้ชัดเจน ปรับปรุงพัฒนางานได้เหมาะสมและแสดงความรู้สึกต่องานทั้งกระบวนการทำงานและผลงานได้ชัดเจน
- 3 หมายถึง วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของงานได้บางส่วน ปรับปรุงพัฒนางานได้บ้างและแสดงความรู้สึกต่องานได้แต่ไม่ครบถ้วน
- 2 หมายถึง วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของงานได้เล็กน้อย ปรับปรุงพัฒนางานด้วยตนเองต้องได้รับคำแนะนำจากผู้อื่น แสดงความรู้สึกต่องานได้แต่ไม่ครบถ้วน
- 1 หมายถึง วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของงานไม่ได้ ไม่ปรับปรุงพัฒนางาน แสดงความรู้สึกต่องานได้เล็กน้อย หรือไม่แสดงความรู้สึกต่องาน

เกณฑ์การตัดสินผล

ผู้เรียนต้องมีพฤติกรรมในแต่ละองค์ประกอบอย่างน้อยระดับ 2 ขึ้นไป จำนวน 4 ใน 6 รายการจึงถือว่า ผ่านเกณฑ์

แบบประเมิน
การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์

คำชี้แจง

1. ผู้ประเมินกรอกคะแนนลงในช่องตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดไว้

ข้อที่	รายการประเมิน					รวม
	เขียนค่าแสดงที่มโนทัศน์ (4)	เขียนค่าเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ (4)	จัดลำดับขั้นของมโนทัศน์ (4)	เขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (4)	ยกตัวอย่างของมโนทัศน์ (4)	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
รวม						

รายชื่อนักเรียน.....เลขที่.....
 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์โดยใช้องค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนน
 แผนผังมโนทัศน์ของ Novak และ Gowin (1984,pp 36-37) อ้างอิงใน เฉลิมลาภ ทองอาจ
 2550 หน้า 118)

ระดับคะแนน	คุณภาพของแผนผังมโนทัศน์
4 ดีมาก	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 85 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง จัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ได้ถูกต้อง เขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง และสามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้ถูกต้อง
3 ดี	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70-85 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง จัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ได้ถูกต้อง เขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ไม่ถูกต้อง และสามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางมโนทัศน์
2 พอใช้	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 51-69 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด เขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้แต่ยังไม่ชัดเจน จัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ได้ไม่ถูกต้อง เขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้แต่ยังไม่ถูกต้อง และไม่สามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางมโนทัศน์ได้
1 ต้องปรับปรุง	เขียนคำแสดงมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 ของคำแสดงมโนทัศน์ทั้งหมด ไม่สามารถเขียนคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้ ไม่สามารถจัดลำดับชั้นของมโนทัศน์ ไม่สามารถเขียนเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ และไม่สามารถยกตัวอย่างของมโนทัศน์ได้

မြို့ပုံမြေပုံ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-ชื่อสกุล	มณัญญา พรินทรากุล
วัน เดือน ปี เกิด	1 มกราคม 2526
ที่อยู่ปัจจุบัน	301 หมู่ 11 ต.วังชมภู อ. เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67210
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเพชรบูรณ์(วังชมภูวิทยาคม) 301 หมู่ 11 ต.วังชมภู อ. เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67210
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประวัติการศึกษา	วท.บ (เคมี) มหาวิทยาลัยนเรศวร