ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ศรัณย์ อัมระนันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ศรัณย์ อัมระนันท์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น)

..... กรรมการ
(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

..... กรรมการ
(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่ 25 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2558

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากสถาบันส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)
ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2556-2561) ปีการศึกษา 2556

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง ตลอดจนคณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ส่วนหนึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อไพจิตร คุณแม่รัตนา อัมระนันท์ และพี่น้องทุกคนที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ศรัณย์ อัมระนันท์

56910196: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้/ คำถามระดับสูง/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ศรัณย์ อัมระนันท์: ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (EFFECTS OF AN INQUIRY-BASED APPROACH EMPHASIZING HIGHER ORDER QUESTIONS ON COVALENT BOND ON LEARNING ACHIEVEMENT AND SCIENTIFIC REASONING FOR TENTH GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด., ภัทรภร ชัยประเสริฐ, ปร.ด. 259 หน้า. ปี พ.ศ. 2558

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

56910196: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
คำสำคัญ: INQUIRY BASED APPROACH/ HIGHER ORDER QUESTIONS / LEARNING ACHIEVEMENT/ SCIENTIFIC REASONING

SARUN AMMARANAN: EFFECTS OF AN INQUIRY-BASED APPROACH EMPHASIZING HIGHER ORDER QUESTIONS ON COVALENT BOND ON LEARNING ACHIEVEMENT AND SCIENTIFIC REASONING FOR TENTH GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D., PATTARAPORN CHAIPRASERT, Ph.D. 259 P. 2015.

The objectives of this research were 1) to compare students' learning achievement and scientific reasoning on Covalent Bond after using an inquiry-based approach emphasizing higher order questions with that after using a traditional instruction and 2) to compare students' learning achievement and scientific reasoning on Covalent Bond before and after using inquiry-based approach emphasizing higher order questions. The participants of this research consisted of two classrooms of tenth grade students at Chonradsadonumrung School in the first semester of academic year 2014 (n=100). The research instruments were the inquiry-based approach emphasizing higher order questions lesson plans, the traditional instruction lesson plans, a learning achievement test, and a scientific reasoning test. The data were analyzed using means, standard deviation, independent samples t-test, and dependent samples t-test.

The research results were as follows 1) The post-test mean scores of learning achievement and scientific reasoning on Covalent Bond of tenth grade students after using the inquiry-based approach emphasizing higher order questions were statistically significant higher than that after using the traditional instruction at the .05 level and 2) The post-test mean scores of learning achievement and scientific reasoning on Covalent Bond of tenth grade students after using the inquiry-based approach emphasizing higher order questions were statistically significant higher than the pre-test mean scores of that at the .05 level.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญรูปภาพ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5

สมมติฐานของวิจัย..... 6

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 6

ขอบเขตของการวิจัย..... 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 8

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551..... 11

พันธะโคเวเลนต์..... 17

ทฤษฎีการเรียนรู้..... 31

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือการเรียนรู้แบบปกติ..... 37

การเรียนรู้โดยใช้คำถามระดับสูง..... 45

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 56

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 64

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 70

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย	78
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	78
	รูปแบบการวิจัย	79
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	79
	การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	83
	วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	110
	การวิเคราะห์ข้อมูล	110
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	111
4	ผลการวิจัย	115
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	115
	การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	115
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	116
5	สรุปผล และอภิปรายผล	120
	สรุปผลการวิจัย	121
	อภิปรายผลการวิจัย	121
	ข้อเสนอแนะ	126
บรรณานุกรม		128
ภาคผนวก		137
	ภาคผนวก ก	138
	ภาคผนวก ข	147
	ภาคผนวก ค	210
ประวัติย่อของผู้วิจัย		259

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	จำนวนอะตอมในภาษากรีกที่ใช้เรียกชื่อสารโคเวเลนต์.....	20
2-2	ความยาวพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย pm) ระหว่างอะตอมคู่ต่างๆ ที่เกิดพันธะเดี่ยว..	21
2-3	ความยาวพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย pm) ระหว่างอะตอมคู่ต่างๆ ที่เกิดพันธะคู่และพันธะสาม.....	21
2-4	พลังงานพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย kJ /mol) ระหว่างอะตอมคู่ต่างๆ ที่เกิดพันธะเดียว.....	22
2-5	พลังงานพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย kJ /mol) ระหว่างอะตอมคู่ต่างๆ ที่เกิดพันธะคู่และ พันธะสาม.....	22
2-6	แสดงการเปรียบเทียบแรงลอนดอน.....	26
2-7	แสดงจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารที่เกิดแรงลอนดอน.....	27
2-8	แสดงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์.....	27
3-1	แบบแผนการทดลองแบบ Pretest-Posttest, Nonequivalent Control Group Design.....	79
3-2	แสดงการใช้คำถามระดับสูงในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้.....	80
3-3	แสดงการกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง.....	84
3-4	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	87
3-5	แสดงการกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบปกติ.....	93
3-6	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระที่ 3 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	94
3-7	การกำหนดจำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้.....	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-8	การกำหนดจำนวนแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	106
4-1	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ	116
4-2	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน	117
4-3	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ	118
4-4	การเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน	119
ข-1	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	148
ข-2	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตร การเรียนชื่อสารโคเวเลนต์ และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	150
ข-3	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	152
ข-4	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข-5	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	156
ข-6	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	158
ข-7	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	160
ข-8	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	162
ข-9	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตรการเรียนชื่อสารโคเวเลนต์และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	163
ข-10	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	164
ข-11	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล	165
ข-12	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	166
ข-13	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	167
ข-14	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	168
ข-15	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (แบบปกติ)	169

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข-16	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตร การเรียนชื่อสารโคเวเลนต์และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ (แบบปกติ).....	171
ข-17	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัด การเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ (แบบปกติ).....	173
ข-18	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล (แบบปกติ).....	175
ข-19	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ).....	177
ข-20	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ).....	179
ข-21	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย (แบบปกติ).....	181
ข-22	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (แบบปกติ).....	183
ข-23	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตร การเรียนชื่อสารโคเวเลนต์และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ (แบบปกติ).....	184
ข-24	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ (แบบปกติ).....	185
ข-25	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล (แบบปกติ).....	186
ข-26	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ).....	187
ข-27	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ).....	188

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข-28	แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์ โครงผลึกร่างตาข่าย (แบบปกติ).....	189
ข-29	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	190
ข-30	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	192
ข-31	แสดงค่า p, q และ pq ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ (ข้อสอบปรนัย) จำนวน 30 ข้อ.....	193
ข-32	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	196
ข-33	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์.....	198
ข-34	แสดงค่า p, q และ pq ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ (ข้อสอบปรนัย) จำนวน 12 ข้อ.....	198
ข-35	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง (คะแนนเต็ม 30 คะแนน).....	200
ข-36	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน).....	201
ข-37	คะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....	203
ข-38	คะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....	204

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-39 แสดงการทดสอบ t-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงและการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows..... 206

ข-40 แสดงการคำนวณหาค่า t-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows..... 207

ข-41 แสดงการทดสอบ t-test ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงและการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows..... 208

ข-42 แสดงการคำนวณหาค่า t-test ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows..... 209

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบความคิดในการวิจัย.....	8
2-1	โครสร้างลิวอิสในโมเลกุล $BeCl_2$ และ BCl_3.....	18
2-2	ตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต.....	19
2-3	แสดงโครงสร้างลิวอิสของ O_3.....	23
2-4	แสดงโครงสร้างเรโซแนนซ์ของ O_3.....	23
2-5	แสดงรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์.....	24
2-6	(1) พันธะโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว (2) พันธะโคเวเลนต์มีขั้ว.....	25
2-7	แสดงการเกิดพันธะไฮโดรเจน.....	28
2-8	แบบจำลองโครงสร้างของเพชร.....	28
2-9	แบบจำลองโครงสร้างของแกรไฟต์.....	29
2-10	แบบจำลองโครงสร้างของ SiO_2.....	30
3-1	ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถาม ระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	91
3-2	ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	98
3-3	แสดงขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	104
3-4	แสดงขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์.....	109

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาวิทยาศาสตร์ทำให้คนพัฒนาวิธีคิด ทั้งคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ คิดแก้ปัญหา มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ เพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่มีหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กรมวิชาการ, 2551) และในปัจจุบันสถานศึกษาต่างให้ความสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษามาตรา 22 กำหนดไว้ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญสูงสุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545, หน้า 25) ดังนั้นการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ควบคู่กับการพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญมาก กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนดนโยบายกระทรวงศึกษาธิการ ข้อที่ 8 สนับสนุนองค์ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และได้กำหนดเป้าหมายยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2 (พ.ศ. 2552-2561) โดยกำหนดเป้าหมายยุทธศาสตร์ ข้อที่ 1 คนไทย และการศึกษาไทยมีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากล ตัวบ่งชี้และค่าเป้าหมาย ข้อที่ 1.1 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาหลัก เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ จากการทดสอบระดับชาติมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 50

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการกำหนดเป้าหมายการจัดการศึกษา ตลอดจนเป้าหมายยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้อย่างชัดเจน แต่จากการวิเคราะห์ผลการประเมินการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในระดับชาติ วิชาวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554-2556 พบว่ามีปัญหาคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำ คือ 27.90 33.10 และ 30.48 ตามลำดับ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้สูงยิ่งขึ้น

วิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น อาหาร และยารักษาโรค ตลอดจนอุตสาหกรรมหลายประเภทล้วนอาศัยความรู้และหลักการของวิชาเคมีมาใช้ ทำให้ประเทศไทยมีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและด้านเศรษฐกิจมากขึ้น (วารีรัตน์ แก้วอุไร, 2538, หน้า 40) โดยมีการสอดแทรกเนื้อหาในหลักสูตรการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนั้นเนื้อหาเคมีส่วนใหญ่มีความซับซ้อน เป็นนามธรรมและเข้าใจยาก (สุภาพร อินบุญนะ, 2541, หน้า 5) จึงทำให้ผู้เรียนส่วนมากเกิดความไม่สนใจ ไม่อยากเรียน ขาดแรงจูงใจในการเรียน จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในห้องเรียนรวมไปถึงการสัมภาษณ์ครูผู้สอนในประเด็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี พบว่าไม่ค่อยเป็นที่น่าพอใจสำหรับผู้เรียนและผู้สอน โดยเฉพาะผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนมากมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะเคมีต่ำ (ธนายุต จันทราเขต, สัมภาษณ์, 22 พฤศจิกายน 2556) สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านการเรียนรู้วิชาเคมีที่ยังใช้รูปแบบและวิธีการสอนบรรยายให้ความรู้เป็นส่วนใหญ่ คือ ผู้สอนเป็นศูนย์กลางเน้นการถ่ายทอดความรู้และเนื้อหา (คณะอนุกรรมการการปฏิรูปการศึกษา, 2543, หน้า 16) ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนจะมีความสามารถในการรับความรู้ได้ไม่เท่ากัน อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ปัจจุบันใช้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อตอบสนองมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด รวมทั้งสมรรถนะของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แต่จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ พบว่าคะแนนไม่เป็นที่พอใจของผู้สอนและผู้เรียนเท่าที่ควร

ผลการประเมินโครงการ PISA ในปี ค.ศ. 2012 พบว่าคะแนนของการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนของการประเมินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งด้านวิทยาศาสตร์ ไทยอยู่อันดับที่ 47 ได้ 444 คะแนน จากค่าเฉลี่ยฯ 501 คะแนน สูงขึ้นจากคะแนนปี ค.ศ. 2009 ซึ่งอยู่ที่ 425 คะแนน แต่อย่างไรก็ตามคะแนนค่อนข้างต่ำจากค่าคะแนนเฉลี่ย ซึ่งบ่งบอกว่าเด็กนักเรียนไทยยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ในด้านการเรียนวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, หน้า 68) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบปัจจุบันอาจตอบสนองมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด รวมทั้งสมรรถนะของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ดีอยู่แล้ว แต่ในปัจจุบันยังพบปัญหาเรื่องการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ดังปรากฏในผลการประเมิน PISA ปี ค.ศ. 2012 และปัญหาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งสอดคล้องกับผลคะแนนการสอบในรายวิชาเคมี ปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ซึ่งพบว่าไม่เป็นที่น่าพอใจของผู้สอนโดยเฉพาะ

เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเนื้อหาในบทนี้มีรายละเอียดมาก ส่วนใหญ่ทำความเข้าใจได้ยาก และมีประเด็นย่อยที่ต้องทำความเข้าใจจำนวนมาก ยากต่อการเชื่อมโยงความรู้ (ธนายุต จันทราเขต, สัมภาษณ์, 22 พฤศจิกายน 2556)

ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ด้วยแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและนักการศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ จิตวิทยาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และหลักการของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง จะเห็นได้ว่าผู้สอนจะต้องใช้รูปแบบ กระบวนการเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้ได้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้ที่แท้จริง ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการแสวงหาความรู้ซึ่งเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นทักษะวิธีคิดอย่างต่อเนื่องและรอบคอบ ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดที่หลากหลาย โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การคิดวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ ฝึกการวางแผนและออกแบบการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ทักษะการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังส่งเสริมทักษะชีวิต ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นและทักษะสังคมให้แก่ผู้เรียนในทางอ้อมด้วย การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะสำคัญ คือผู้สอนจัดเตรียมปัญหา คำถามและทฤษฎีให้ผู้เรียน ส่วนการออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง แปลผลการทดลองและการลงข้อสรุปให้ผู้เรียนได้ออกแบบด้วยตนเอง (วัลลภ คงนะ, 2555, หน้า115)

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การสร้างความสนใจ (Engagement) 2) การสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) การขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) การประเมิน (Evaluation) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2546, หน้า 22) ซึ่งผู้เรียนจะใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ ดังผลงานวิจัยของสุธารพิงค์ โนนศรีชัย (2550, หน้า 29) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ผลการศึกษาพบว่านักเรียนร้อยละ 80.95 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 75 ผลงานวิจัยของรุจาภา ประถมวงษ์ (2551, หน้า 26) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น

และนักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลงานวิจัยของศรีบุญตาม โจมศรี (2553, หน้า 31) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนมติ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนร้อยละ 80.95 ของนักเรียนทั้งหมดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 ขึ้นไป

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดกระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเป็นหน้าที่ของผู้สอนในการกระตุ้นให้เกิดประเด็นในการค้นหาคำตอบ ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้คำถามเป็นการเรียนรู้ที่ผู้สอนป้อนคำถามให้ผู้เรียนตอบ อาจตอบเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มย่อย หรือตอบทั้งชั้นเรียน การตอบอาจใช้วิธีการพูด การเขียน ฯลฯ ผู้สอนจะพิจารณาคำตอบแล้วให้ข้อมูลสะท้อนกลับหรือถามคนอื่นกลุ่มอื่นจนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้องเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด, 2537,หน้า 26) การใช้คำถามขั้นสูงเป็นคำถามที่ส่งเสริมให้ผู้ตอบใช้ความคิด นำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ ส่งเสริมให้เด็กมีความคิดสร้างสรรค์และเกิดทักษะในการคิดอย่างมีระบบ นอกจากนั้นยังเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น ตลอดจนกระตุ้นให้ได้ลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง
(พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545)

คำถามระดับสูงแบ่งได้เป็น 7 ชนิดดังนี้ 1) คำถามให้อธิบาย เป็นคำถามที่ผู้ตอบจะต้องนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ 2) คำถามให้เปรียบเทียบ เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้คิดเปรียบเทียบของสองสิ่งว่ามีคุณสมบัติหรือลักษณะคล้ายกันหรือต่างกันอย่างไร 3) คำถามให้จำแนกประเภท เป็นคำถามเพื่อส่งเสริมให้ผู้ตอบรู้จักจัดกลุ่มจัดหมวดหมู่โดยใช้เกณฑ์ของตนเองหรือของผู้อื่น หรือบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มที่ผู้อื่นทำไว้ 4) คำถามให้ยกตัวอย่าง เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบบอกชื่อ หรือยกตัวอย่างของสิ่งที่กำหนดให้โดยอาศัยทักษะการสังเกต และมีความรู้ความจำเรื่องต่าง ๆ เป็นพื้นฐานในการหาคำตอบ 5) คำถามให้วิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้คิดค้นหาความจริงหรือแยกแยะเรื่องราวเพื่อหาสาเหตุและผลต่าง ๆ ของปัญหาที่เกิดขึ้น หรือให้นักเรียนได้คิดค้นหาความจริงต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์ 6) คำถามให้สังเคราะห์ เป็นการผสมรวมสิ่งต่างๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไปให้เกิดเป็นของใหม่ขึ้นมา และ 7) คำถามให้ประเมินค่า เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้ได้พิจารณาคุณค่าของสิ่งของก่อนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล รู้จักประเมินค่าของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้กฎเกณฑ์ที่เป็นจริง และเป็นที่ยอมรับของสังคมแล้วมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนก่อนตัดสินใจ
(พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545)

ผลงานวิจัยของ Agard (1977) ที่ได้ศึกษาผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยครูให้ข้อมูล กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้คำถามแบบสืบสวนระดับสูง และกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้คำถามแบบสืบสวนระดับต่ำ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่สอนโดยใช้คำถามระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่สอนโดยใช้คำถามระดับต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่สอนโดยครูให้ข้อมูลซึ่งไม่มีการใช้คำถามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษา ผลการประเมิน PISA ในปี ค.ศ. 2012 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์จากสถานศึกษา สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันใช้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด รวมทั้งสมรรถนะของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ดีอยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาสาสตร์ที่ควรแก้ไขหรือพัฒนาให้ดีต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับเด็กและเยาวชนไทยให้สูงขึ้นไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน
3. เพื่อเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. เพื่อเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง วิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีประสิทธิภาพซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

2. เป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง ในวิชาอื่นๆ

3. ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักพัฒนาหลักสูตรหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในเชิงนโยบาย

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนซลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 รวม 9 ห้องเรียน จำนวน 450 คน ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แบบปกติ

1.2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จำนวน 100 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย

2.1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

2.1.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

2.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหาในสาระการเรียนรู้ที่ 3 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยดังนี้

3.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

3.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

3.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

3.4 การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

3.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

3.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

3.7 รูปร่างของโมเลกุล

3.8 สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

3.9 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

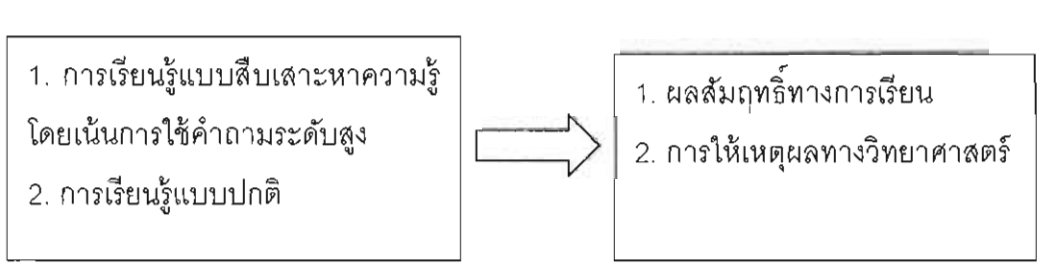
3.10 สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการวิจัย 14 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบความคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบความคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หรือการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการการแก้ปัญหา เป็นผลให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ได้ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นคือ 1) การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย 2) การสำรวจและค้นหา (Exploration) มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ 3) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล 4) การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม และ 5) การประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินความรู้ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับ

2. คำถามระดับสูง หมายถึง คำถามที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดอย่างมีเหตุผลของผู้เรียน โดยผู้สอนใช้คำถามถามผู้เรียน 7 ประเภท คือ

2.1 คำถามให้อธิบาย เป็นคำถามที่ผู้ตอบจะต้องนำความรู้ และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ

2.2 คำถามให้เปรียบเทียบ เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้คิดเปรียบเทียบว่ามีคุณสมบัติหรือลักษณะคล้ายกันหรือต่างกันอย่างไร

2.3 คำถามให้จำแนกประเภท เป็นคำถามเพื่อส่งเสริมให้รู้จักจัดกลุ่ม

2.4 คำถามให้ยกตัวอย่าง เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบยกตัวอย่างสิ่งที่กำหนดให้ โดยอาศัยความรู้ความจำเรื่องต่าง ๆ เป็นพื้นฐานในการหาคำตอบ

2.5 คำถามให้วิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้คิดค้นหาความจริงหรือแยกแยะเรื่องราว เพื่อหาสาเหตุและผลต่าง ๆ ของปัญหาที่เกิดขึ้น

2.6 คำถามให้สังเคราะห์ เป็นการผสมรวมสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไป ให้เกิดเป็นของใหม่ขึ้นมา

2.7 คำถามให้ประเมินค่า เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้พิจารณาคุณค่าของสิ่งของ ก่อนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

3. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นคือ

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ มีการใช้คำถามระดับสูง 7 ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา มีการจัดแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเพื่อเข้าสู่กิจกรรมการสำรวจและค้นหาโดยมีการอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อให้ได้ข้อสรุปและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ร่วมกันภายในกลุ่ม

3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป มีการนำเสนอผลการสำรวจและค้นหาของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการสำรวจและค้นหา

3.4 ขั้นขยายความรู้ ให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่โดยมีการใช้คำถามระดับสูง 7 ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า

3.5 ขั้นประเมินผล ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งทดสอบเป็นรายบุคคลเพื่อเป็นการประเมินการเรียนรู้ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้างมากน้อยเพียงใด เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบย่อยเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถด้านพุทธิพิสัย เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ตามแนวคิดของบลูม 6 ด้าน ดังต่อไปนี้ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมิน วัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบโดยมีการแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานสนับสนุนเหตุการณ์ สถานการณ์ หรือทำนายผลเพื่อลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยแบ่งการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 ด้าน ดังนี้

5.1 การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์ คือ การแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือแสดงรายละเอียดหรือยกตัวอย่างบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความชัดเจนในสิ่งนั้น ๆ

5.2 การวิเคราะห์ คือ การเปรียบเทียบตามข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เพื่อแยกแยะเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้เห็นถึงองค์ประกอบต่าง ๆ

5.3 การลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล คือ การประมวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ วัดได้จากแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. พันธะโคเวเลนต์
3. ทฤษฎีการเรียนรู้
4. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือการเรียนรู้แบบปกติ
5. การเรียนรู้โดยใช้คำถามระดับสูง
6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
7. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบและตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมาย เพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์
3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา
6. ศิลปะ
7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี
8. ภาษาต่างประเทศ

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

1. ตัวชี้วัดชั้นปี เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1-มัธยมศึกษาปีที่ 3)

2. ตัวชี้วัดช่วงชั้นเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4- 6)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 พลังงาน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1: เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2: เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

ที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1: เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2: เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1: เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2: เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5: พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1: เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1: เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2: เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศ และทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเป็นแนวทางในการจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเช่น ข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ แนวทางการวัดและประเมินผล รวมไปถึงนำมาใช้ในการจัดทำแผนการเรียนรู้ เช่น กำหนดตัวชี้วัดในการเรียน กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล เป็นต้น

พันธะโคเวเลนต์

เนื้อหาเรื่องพันธะโคเวเลนต์ที่ผู้วิจัยจะทำการสอนเป็นไปตามหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่ละอะตอมต่างมีความสามารถที่จะดึงอิเล็กตรอนไว้กับตัว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงไม่ได้อยู่ ณ อะตอมใดอะตอมหนึ่งแล้วเกิดเป็นประจุเหมือนพันธะไอออนิก หากแต่เหมือนการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะนั้นๆและมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่รอบ ๆ แต่ละอะตอมเป็นไปตามกฎออกเตต

พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H_2 , F_2, CH_4, C_2H_6

2. พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO_2, C_2H_4

3. พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

กฎออกเตตคือการที่อะตอมส่งอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน แล้วมีผลทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดของแต่ละอะตอมครบแปดอิเล็กตรอนเหมือนกับโครงสร้างของก๊าซเฉื่อย ซึ่งมีความเสถียรมาก (ยกเว้น H ครบ 2 เหมือนกับ He) เช่น H_2O แต่สารโคเวเลนต์บางชนิดใช้กับกฎนี้ไม่ได้ จึงมีข้อยกเว้นสำหรับกฎออกเตต ดังนี้

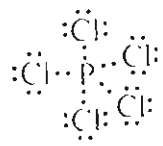
1. โมเลกุลที่ไม่ครบออกเตต ได้แก่สารประกอบของธาตุ Be, B และ Al เช่น $BeCl_2$, BCl_3

เบริลเลียมคลอไรด์ โบรอนไตรคลอไรด์

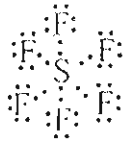
ภาพที่ 2-1 โครสร้างลิวอิสในโมเลกุล $BeCl_2$ และ BCl_3

ในโมเลกุลเบริลเลียมคลอไรด์ พบว่าเบริลเลียมมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเพียง 4 อิเล็กตรอนเท่านั้น หรือในโมเลกุลของโบรอนไตรคลอไรด์ พบว่าโบรอนมีอิเล็กตรอนเพียง 6 อิเล็กตรอนเท่านั้น

2. โมเลกุลที่เกินออกเตต อะตอมของธาตุในโมเลกุลที่มีเวเลนต์อิเล็กตรอนมากกว่า 8 ได้แก่ สารประกอบของธาตุในคาบที่ 3 หมู่ 4 เป็นต้นไป เช่น



ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์



ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์

ซีนอลเตตระฟลูออไรด์

ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ (PCl_5) อะตอมฟอสฟอรัสใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 5 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับคลอรีน 5 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 10 อิเล็กตรอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) อะตอมกำมะถันใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 6 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับฟลูออรีน 6 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 12 อิเล็กตรอน เช่นเดียวกับอะตอมของซีนอนในซีนอนเตตระฟลูออไรด์ (XeF_4)

การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

การเขียนสูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ให้เขียนสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบโดยเขียนสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นอะตอมกลาง แล้วตามด้วยธาตุที่ล้อมรอบซึ่งโดยทั่วไปจะเขียนเรียงลำดับจากธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีน้อยหรือมีความเป็นบวกมากกว่าก่อน ตามด้วยธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีมาก ยกเว้นบางโมเลกุลเช่น NH_3 ที่เขียนไนโตรเจนก่อนทั้งที่ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของไนโตรเจนมากกว่าไฮโดรเจน ถ้าธาตุใดมีจำนวนอะตอมมากกว่า 1 อะตอมให้ระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้นไว้มุมล่างด้านขวาของสัญลักษณ์ เช่น CO_2, BF_3, H_2O, P_2O_5 เป็นต้น

การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ มีหลักการดังนี้

1. สารโคเวเลนต์ที่มีโมเลกุลประกอบด้วยธาตุชนิดเดียว ให้เรียกชื่อตามชื่อธาตุนั้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่โมเลกุลเหล่านี้มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง จึงนิยมเรียกชื่อโดยระบุสถานะด้วยเพื่อให้แตกต่างจากอะตอมของธาตุนั้น เช่น O_2 เรียกว่า แก๊สออกซิเจน เป็นต้น

2. สารโคเวเลนต์ที่เป็นสารประกอบหรือโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด ให้เรียกชื่อธาตุที่อยู่หน้าก่อนแล้วตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่ถัดมาและเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไ-ด์ (-ide)

2.1 การระบุจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลนั้นจะระบุด้วยภาษากรีก (ดังตารางที่ 2-1) ยกเว้นกรณีที่ธาตุแรกมีเพียงอะตอมเดียว ไม่ต้องระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้น แต่ธาตุหลังยังคงระบุจำนวนอะตอมแม้ว่าจะมีเพียงอะตอมเดียวก็ตาม

2.2 สำหรับการอ่านชื่อสารโคเวเลนต์บางชนิดเช่น สารประกอบออกไซด์ นอกจากเรียกชื่อตามหลักการข้างต้นแล้วยังนิยมเรียกชื่อโดยตัดตัวอักษรสุดท้ายของภาษากรีกที่ระบุจำนวนอะตอม เช่น CO คาร์บอนมอนออกไซด์ (carbon monooxide) นิยมเรียกเป็น คาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide) ซึ่งมาจากการตัด "O" ใน mono- ออก P_2O_5 ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (diphosphorus pentaoxide) นิยมเรียกเป็น ไดฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (diphos-phorus pentoxide) มาจากการตัด "a" ใน penta- ออก

3. สารประกอบโคเวเลนต์บางชนิดที่มีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบการเรียกชื่อจะไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด เช่น HCl เรียกว่า ไฮโดรเจนคลอไรด์ H_2S เรียกว่า ไฮโดรเจนซัลไฟด์ H_2O เรียกว่า น้ำ NH_3 เรียกว่า แอมโมเนีย เป็นต้น

ตารางที่ 2-1 จำนวนอะตอมในภาษากรีกที่ใช้เรียกชื่อสารโคเวเลนต์

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

ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

ความยาวพันธะ คือ ระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างนิวเคลียสของสองอะตอมที่สามารถสร้างพันธะแล้วเกิดเป็นโมเลกุลได้ ความยาวพันธะอาจศึกษาได้จากการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) เมื่อผ่านโครงผลึกของสาร หรือจากการวิเคราะห์สเปกตรัมของโมเลกุล ซึ่งค่าเฉลี่ยของความยาวพันธะชนิดเดียวกันในโมเลกุลต่าง ๆ ตัวอย่างความยาวพันธะเฉลี่ยของอะตอมคู่ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2-2 และ ตาราง 2-3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-2 ความยาวพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย pm) ระหว่างอะตอมคู่ต่าง ๆ ที่เกิดพันธะเดี่ยว

พันธะเดี่ยว					
H - H	74	S - O	161	C - H	108
H - F	92	F - F	142	C - Cl	177
H - Cl	128	Br - Br	228	C - Br	194
H - Br	141	C - C	154	C - S	182
H - I	160	C - N	147	Cl - Cl	199
H - N	101	N - N	140	I - I	267
H - O	97	O - O	148		
H - S	134	C - O	143		

ตารางที่ 2-3 ความยาวพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย pm) ระหว่างอะตอมคู่ต่าง ๆ ที่เกิดพันธะคู่และพันธะสาม

พันธะคู่		พันธะสาม	
C = C	134	C ≡ C	120
C = N	130	C ≡ N	116
N = N	125	N ≡ N	110
O = O	121		
C = O	122		

พลังงานพันธะ หมายถึง พลังงานปริมาณน้อยที่สุดที่ใช้สลายพันธะระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลในสถานะแก๊สให้เป็นอะตอมเดี่ยวในสถานะที่เป็นแก๊ส พลังงานพันธะสามารถบอกถึงความแข็งแรงของพันธะเคมีได้ โดยพันธะที่แข็งแรงมากจะมีพลังงานพันธะมาก (หน่วย KJ/mol) นอกจากนี้การสลายพันธะชนิดเดียวกันในโมเลกุลต่างกันก็ใช้พลังงานไม่เท่ากัน ดังนั้นพลังงานพันธะที่ปรากฏในตารางข้อมูลทั่วไปที่ใช้สำหรับการคำนวณจะเป็นค่าพลังงานพันธะเฉลี่ย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของพลังงานพันธะชนิดเดียวกันในโมเลกุลต่าง ๆ ตัวอย่างพลังงานพันธะเฉลี่ยของอะตอมคู่ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2-4 และ ตาราง 2-5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-4 พลังงานพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย kJ /mol) ระหว่างอะตอมคู่ต่าง ๆ ที่เกิดพันธะเดี่ยว

พันธะเดี่ยว					
H - H	436	S - O	521	C - H	413
H - F	567	F - F	159	C - Cl	327
H - Cl	431	Br - Br	192	C - Br	285
H - Br	366	C - C	348	C - S	289
H - I	298	C - N	289	Cl - Cl	243
H - N	391	N - N	158	I - I	151
H - O	463	O - O	144		
H - S	364	C - O	360		

ตารางที่ 2-5 พลังงานพันธะเฉลี่ย (ในหน่วย kJ /mol) ระหว่างอะตอมคู่ต่าง ๆ ที่เกิดพันธะคู่ และ พันธะสาม

พันธะคู่		พันธะสาม	
C = C	614	C ≡ C	839
C = N	615	C ≡ N	890
N = N	470	N ≡ N	945
O = O	498		
C = O	804		

แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

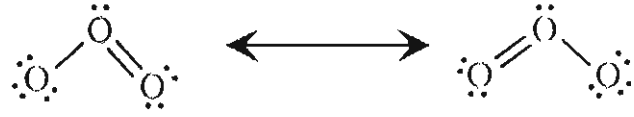
เรโซแนนซ์เป็นปรากฏการณ์ที่สามารถเขียนสูตรโครงสร้างได้มากกว่า 1 แบบ โดยทุกแบบจะมีตำแหน่งของอะตอมในโมเลกุลเหมือนกัน ต่างกันที่การจัดเรียงอิเล็กตรอนรอบ ๆ อะตอม หรือต่างกันที่ลักษณะของพันธะในโมเลกุล กล่าวคืออิเล็กตรอนที่อยู่รอบ ๆ อะตอม หรืออิเล็กตรอนที่ใช้ในการสร้างพันธะสามารถเคลื่อนที่ย้ายจากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง ทำให้ลักษณะของพันธะในโมเลกุลแตกต่างกันเกิดเป็นสูตรโครงสร้างที่ไม่เหมือนกัน จึงทำให้

มีความยาวพันธะเท่ากันทุกพันธะ พลังงานพันธะเท่ากันทุกพันธะ และอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันเท่ากันทุกพันธะ เช่น โมเลกุลโอโซน พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดระหว่างอะตอมของออกซิเจนกับออกซิเจนอีก 2 อะตอม ตามกฎออกเตตแสดงได้ดังนี้

(1) (2)

ภาพที่ 2-3 โครงสร้างลิวอิสของ O_3

จากโครงสร้างลิวอิสทั้งสองนี้แสดงว่าออกซิเจนอะตอมกลางสร้างพันธะเดี่ยวกับออกซิเจนอะตอมหนึ่ง และสร้างพันธะคู่กับออกซิเจนอีกอะตอมหนึ่ง ซึ่งหมายความว่าพันธะทั้งสองในโมเลกุลนี้มีความยาวไม่เท่ากัน แต่จากการศึกษาพบว่าความยาวพันธะระหว่างอะตอมออกซิเจนทั้งสองพันธะมีค่า 128 พิโกเมตร เท่ากัน ซึ่งเป็นค่าความยาวพันธะระหว่างพันธะเดียวกับพันธะคู่ของออกซิเจน (ความยาวพันธะของ O – O และ O = O เท่ากับ 148 และ 121 พิโกเมตรตามลำดับ) แสดงว่าพันธะทั้งสองในโมเลกุลเป็นพันธะชนิดเดียวกัน ดังนั้นโครงสร้างลิวอิสของ O_3 (1) หรือ (2) แบบใดแบบหนึ่งที่แสดงไว้ตอนแรกใช้แทนโมเลกุล O_3 ไม่ได้ จึงเขียนแทนด้วยโครงสร้างเรโซแนนซ์ ดังนี้



ภาพที่ 2-4 โครงสร้างเรโซแนนซ์ของ O_3

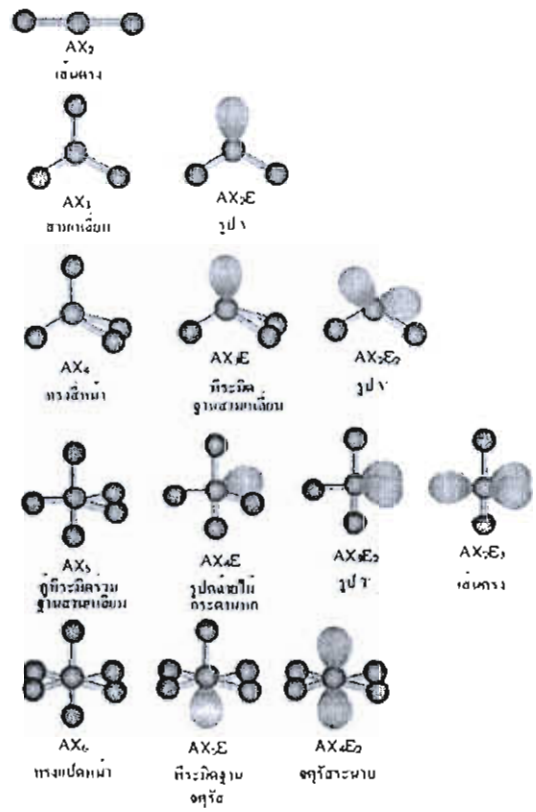
รูปร่างของโมเลกุล

โมเลกุลโควาเลนต์ในสามมิตินั้น สามารถพิจารณาได้จากการผลักกันของอิเล็กตรอนที่มีอยู่รอบ ๆ อะตอมกลางเป็นสำคัญ โดยอาศัยหลักการที่ว่า อิเล็กตรอนเป็นประจุลบเหมือน ๆ กัน ย่อมพยายามที่แยกตัวออกจากกนให้มากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ ดังนั้นการพิจารณาหาจำนวนกลุ่มของอิเล็กตรอนที่อยู่รอบ ๆ นิวเคลียสและอะตอมกลาง จะสามารถบ่งบอกถึงโครงสร้าง

ของโมเลกุลนั้น ๆ ได้ โดยที่กลุ่มต่าง ๆ มีดังนี้

- อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
- อิเล็กตรอนคู่รวมพันธะได้แก่ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม

ทั้งนี้โดยเรียงตามลำดับความสารารถในการผลักอิเล็กตรอนกลุ่มอื่นเนื่องจากอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวและอิเล็กตรอนที่สร้างพันธะนั้นต่างกันตรงที่อิเล็กตรอนโดดเดี่ยวนั้นถูกยึดด้วยอะตอมเพียงตัวเดียวในขณะที่อิเล็กตรอนที่ใช้สร้างพันธะถูกยึดด้วยอะตอม 2 ตัวจึงเป็นผลให้อิเล็กตรอนโดดเดี่ยวมีอิสระมากกว่าสามารถครองพื้นที่ในสามมิติได้มากกว่า ส่วนอิเล็กตรอนเดี่ยวและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว รวมไปถึงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะแบบต่าง ๆ นั้นมีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เท่ากันจึงส่งผลในการผลักอิเล็กตรอนกลุ่มอื่นๆ ไม่เท่ากัน โครงสร้างที่เกิดจากการผลักกันของอิเล็กตรอนนั้น สามารถจัดเป็นกลุ่มได้ตามจำนวนของ อิเล็กตรอนที่มีอยู่ได้ตั้งแต่ 1 กลุ่ม 2 กลุ่ม 3 กลุ่ม ไปเรื่อย ๆ เรียกวิธีการจัดตัวแบบนี้ว่า ทฤษฎีการผลักกันของคู่อิเล็กตรอนวงนอก (Valence Shell Electron Pair Repulsion: VSEPR) ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 รูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

โดยที่ A คือ จำนวนอะตอมกลาง (สีแดง)

X คือ จำนวน อิเล็กตรอนคู่รวมพันธะ (สีน้ำเงิน)

E คือ จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (สีเขียว)

สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

ในพันธะโคเวเลนต์ อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ จะเคลื่อนที่อยู่ระหว่าง อะตอมทั้งสอง ถ้าพบว่าอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะระหว่างอะตอมคู่ใดเคลื่อนที่อยู่ตรงกลางระหว่างอะตอมพอดี สารโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมชนิดเดียวกัน เช่น H_2 พบว่าอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะกระจายอยู่รอบ ๆ อะตอมทั้งสองเท่ากัน พันธะที่เกิดขึ้นในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว แต่ในสารโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมต่างชนิดกัน และมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่างกัน เช่น HCl อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ตรงอะตอม Cl ซึ่งมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีมากกว่า H ทำให้อะตอมของ Cl แสดงอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นลบ ส่วน H มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีน้อยกว่า แสดงอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างบวก พันธะที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์มีขั้ว ดังภาพที่ 2-6

(1) (2)

ภาพที่ 2-6 (1) พันธะโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว (2) พันธะโคเวเลนต์มีขั้ว

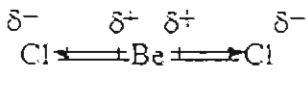
การแสดงขั้วของพันธะใช้เครื่องหมาย δ อ่านว่าเดลต้า โดยกำหนดให้ว่า พันธะมีขั้วใดที่อะตอมแสดงอำนาจไฟฟ้าลบ ใช้เครื่องหมายแทนด้วย δ^- และพันธะโคเวเลนต์มีขั้วใดที่อะตอมแสดงอำนาจไฟฟ้าบวก ใช้เครื่องหมายแทนด้วย δ^+ หรืออาจใช้เครื่องหมาย $\longrightarrow$ โดยหัวลูกศรจะชี้ไปในทิศทางที่อะตอมแสดงอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างลบ ส่วนท้ายลูกศร ซึ่งคล้ายกับเครื่องหมายบวกจะอยู่บริเวณที่แสดงอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นบวก ดังนั้นขั้วของพันธะ H – Cl จึงเขียนแสดงได้ดังนี้

$H^{\delta+}—Cl^{\delta-}$ หรือ $\overrightarrow{H—Cl}$

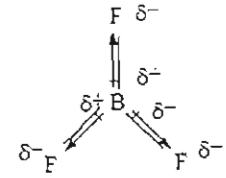
โมเลกุลอะตอมคู่ที่ประกอบด้วยพันธะไม่มีขั้ว เช่น O_2, H_2, Cl_2 จะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว แต่ถ้าโมเลกุลอะตอมคู่ประกอบด้วยพันธะมีขั้ว เช่น HF, HC, HBr จะเป็นโมเลกุลมีขั้ว

ถ้าโมเลกุลที่มีอะตอมมากกว่า 2 อะตอมจะเป็นโมเลกุลมีขั้วหรือไม่มีขั้ว พิจารณาได้จากอำนาจไฟฟ้าที่เกิดขึ้นหักล้างกันหมดหรือไม่

ถ้าหักล้างหมดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ถ้าหักล้างกันไม่หมดเป็นโมเลกุลมีขั้วถ้าโมเลกุลที่เกิดจากพันธะมีขั้ว และมีรูปร่างของโมเลกุลสมมาตร โมเลกุลนั้นจะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เพราะมีผลรวมของทิศทางของแรงดึงดูดอิเล็กตรอนทั้งหมดในโมเลกุลเป็นศูนย์ เช่น



$BeCl_2$



BF_3

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van Der Waal Forces)เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ไม่แข็งแรงมากนัก แบ่งออกเป็น

- แรงลอนดอน เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลไม่มีขั้ว แรงนี้จะมีสภาพขั้วเกิดขึ้นชั่วคราว เนื่องจากอิเล็กตรอนในอะตอมไม่อยู่นิ่ง ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียสเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนไม่สม่ำเสมอ จึงเกิดเป็นขั้วขึ้นและโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขั้วขึ้นเช่นกัน แล้วโมเลกุลเหล่านั้นก็จะเกิดแรงดึงดูดกัน เรียกว่า "แรงลอนดอน" เช่น He, Ar, CH_4, O_2, N_2 เป็นต้น แรงลอนดอนจะมากหรือน้อยขึ้นกับมวลโมเลกุลขนาดและรูปร่าง

ตารางที่ 2-6 แสดงการเปรียบเทียบแรงลอนดอน

มวลโมเลกุล	แรงลอนดอน	จุดเดือดและจุดหลอมเหลว
มาก	มาก	สูง
น้อย	น้อย	ต่ำ

ตารางที่ 2-7 แสดงจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารที่เกิดแรงลอนดอน

สาร	จุดหลอมเหลว (K)	จุดเดือด (K)
F_2	535	85.0
Cl_2	172.2	238.6
Br_2	256.9	331.9
I_2	386.7	457.4

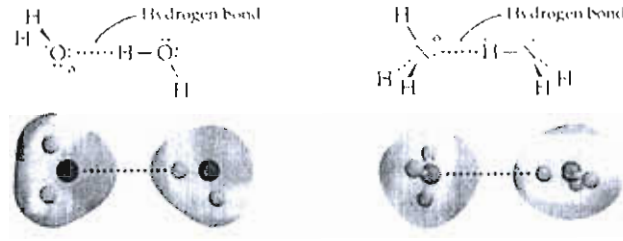
-แรงดึงดูดระหว่างขั้ว(dipole-dipole interaction) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่แข็งแรงกว่าแรงลอนดอน เนื่องจากสารพวกนี้จะมีแรงลอนดอนอยู่แล้ว ยังขึ้นกับสภาพของขั้วด้วย เช่น SO_2, HCl, HBr, HI, PCl_3

ตารางที่ 2-8 แสดงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์

สาร	มวลโมเลกุล	สภาพขั้วของโมเลกุล	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)
SiH_4	32	ไม่มีขั้ว	-185	-111
H_2S	34	มีขั้ว	-85	-60.7

สารทั้งสองชนิดมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน แต่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่างกันมาก แสดงว่าสารทั้งสองชนิดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่างกัน โมเลกุลมีขั้วจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว

2. พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่สภาพขั้วของโมเลกุลสูงมาก เกิดจากธาตุไฮโดรเจน (H) และธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) สูง และมีขนาดเล็ก ได้แก่ F, O, N สภาพขั้วที่สูงมาก เป็นเพราะผลต่างของค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) ที่มีค่ามาก เช่น H_2O, HF, NH_3 จุดเดือดของ $H_2O > HF > NH_3$



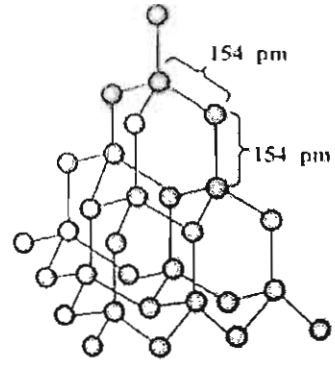
ภาพที่ 2-7 แสดงการเกิดพันธะไฮโดรเจน

สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย

สารโคเวเลนต์ที่ศึกษามาแล้วมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดเล็ก มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ แต่มีสารโคเวเลนต์บางชนิดมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดยักษ์ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงมาก เนื่องจากอะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์ยึดเหนี่ยวกันทั้งสามมิติเกิดเป็นโครงสร้างคล้ายตาข่ายสารประเภทนี้เรียกว่า สารโครงผลึกร่างตาข่าย ตัวอย่าง สารโครงผลึกร่างตาข่ายมีดังนี้

เพชร

เพชรเป็นอัญรูปหนึ่งของคาร์บอนและเป็นผลึกโคเวเลนต์ ในโครงสร้างของเพชรคาร์บอนแต่ละอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมอีก 4 อะตอมที่อยู่ล้อมรอบ เพชรจึงไม่นำไฟฟ้า มีความยาวพันธะ C – C 154 พิโกเมตร การจัดอะตอมในผลึกเพชรคล้ายตาข่ายโยงกันทั้ง 3 มิติ เป็นผลให้อะตอมของคาร์บอนยึดกันไว้แน่น เพชรจึงมีความแข็งสูงที่สุด มีจุดหลอมเหลวสูงถึง 3550 °C และมีจุดเดือดสูงมากถึง 4830 °C แบบจำลองโครงสร้างของเพชรเป็นดังภาพที่ 2-9

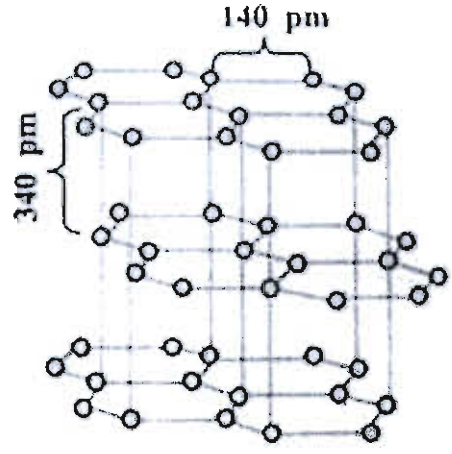


ภาพที่ 2-8 แบบจำลองโครงสร้างของเพชร

แกรไฟต์

แกรไฟต์เป็นผลึกโคเวเลนต์และเป็นอีกอัญรูปหนึ่งของคาร์บอนแต่มีโครงสร้างแตกต่างจากเพชร กล่าวคือ อะตอมของคาร์บอนจัดเรียงตัวเป็นชั้น ๆ และสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นวง วงละ 6 อะตอมต่อเนื่องกันอยู่ในภายในระนาบเดียวกัน พันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนที่อยู่ในชั้นเดียวกันมีความยาว 140 พิโกเมตร แต่จากข้อมูลโดยไปพบว่าพันธะเดี่ยวระหว่างอะตอมของคาร์บอน (C – C) มีความยาวพันธะ 134 พิโกเมตร และพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอน (C =C) มีความยาว 134 พิโกเมตร แสดงว่าอะตอมของคาร์บอนในชั้นเดียวกันของแกรไฟต์ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะที่มีความยาวอยู่ระหว่างพันธะเดี่ยวกับพันธะคู่ ส่วนอะตอมของคาร์บอนในแต่ละชั้นอยู่ห่างกัน 340 พิโกเมตร การจัดอะตอมเป็นโครงผลึกร่างตาข่ายนี้ส่งผลให้อะตอมของคาร์บอนยึดกันไว้แน่น ทำให้แกรไฟต์มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง

คาร์บอนอะตอมในโครงผลึกของแกรไฟต์มี 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน แต่ละอะตอมจะสร้างพันธะกับคาร์บอน 3 อะตอมที่อยู่ใกล้เคียงกัน จึงมี 1 อิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ไปทั่วภายในชั้น ด้วยเหตุนี้แกรไฟต์จึงนำไฟฟ้าได้ดีเฉพาะภายในชั้นเดียวกัน จากการที่คาร์บอนอะตอมในแต่ละชั้นของแกรไฟต์อยู่ห่างกัน 340 พิโกเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าความยาวพันธะเดี่ยวระหว่างคาร์บอน แสดงว่าคาร์บอนอะตอมระหว่างชั้น ไม่ได้สร้างพันธะโคเวเลนต์กัน แต่ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ที่ไม่แข็งแรงเท่ากับพันธะโคเวเลนต์ในชั้นเดียวกัน แกรไฟต์จึงเลื่อนไถลไปตามชั้นได้ง่าย ทำให้มีสมบัติในการหล่อลื่นได้ดี เราจึงใช้แกรไฟต์ทำไส้ดินสอดำเป็นสารหล่อลื่น นอกจากนี้ยังใช้ทำสีผ้าหมึกสำหรับเครื่องพิมพ์ดีดและเครื่องพิมพ์สำหรับคอมพิวเตอร์ แบบจำลองโครงสร้างของแกรไฟต์เป็นดังภาพที่ 2-10

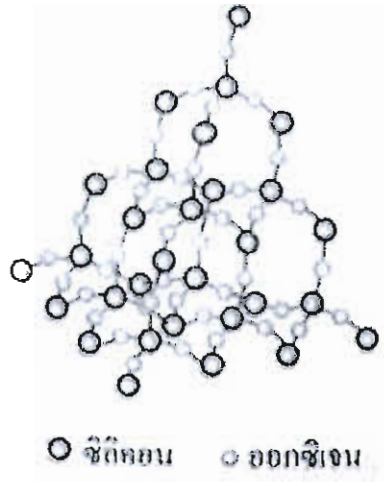


ภาพที่ 2-9 แบบจำลองโครงสร้างของแกรไฟต์

ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือซิลิกา

ซิลิคอนไดออกไซด์เป็นผลึกโคเวเลนต์มีโครงสร้างเป็นผลึกร่างตาข่าย อะตอมของซิลิคอนจัดเรียงตัวเหมือนกับคาร์บอนในผลึกเพชร แต่มีออกซิเจนคั่นอยู่ระหว่างอะตอมของซิลิคอนแต่ละคู่ ผลึกซิลิคอนไดออกไซด์จึงมีจุดหลอมเหลวสูงถึง 1730 °C และมีความแข็งสูง ในธรรมชาติพบซิลิคอนไดออกไซด์ได้หลายรูปเช่น ควอตซ์ ไตรดีไมต์และคริสโตบาไลต์ ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำแก้ว ทำส่วนประกอบของนาฬิกาควอตซ์ ใยแก้วนำแสง (Optical fiber) แบบจำลองโครงสร้างของ SiO_2 แสดงได้ดังภาพที่ 2-10

สารประกอบชนิดอื่น ๆ ของซิลิคอนที่มีโครงสร้างเป็นโครงผลึกร่างตาข่ายได้แก่ ซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) หรือคาร์โบรันดัม มีจุดหลอมเหลวสูงถึง 2700 °C และมีความแข็งมาก ใช้ทำเครื่องบด เครื่องโม่ หินลับมีด



ภาพที่ 2-10 แบบจำลองโครงสร้างของ SiO_2

จากการศึกษาเนื้อหาเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ แหล่งเรียนรู้ รวมไปถึงการวัดและประเมินผล อีกทั้งใช้เป็นเนื้อหาสาระในการจัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ทฤษฎีการเรียนรู้

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

จากความเชื่อพื้นฐานของการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ที่เป็นทฤษฎีทางด้านปรัชญาและจิตวิทยา เกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างความเข้าใจในความรู้จากประสบการณ์ โดยกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเองของแต่ละบุคคล การเรียนรู้เป็นทั้ง Personal และ Social process ที่บุคคลต้องเรียนรู้เพื่อปรับความรู้ความเข้าใจโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่อย่างมีความหมาย ทำให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive structure) ที่ใช้ทั้งกระบวนการดูดกลืน (Assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (Accommodation) ช่วยทำให้เกิดสภาวะสมดุล (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 90-93)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เชื่อว่าการได้มาซึ่งความรู้ของแต่ละคนถ่ายทอดกันไม่ได้แต่ใช้กระบวนการทางสังคมทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันได้ ทำให้ความรู้จาก ความรู้ส่วนบุคคล (Personalknowledge) ไปสู่ความรู้สาธารณะ (Public knowledge) และพัฒนาไปเป็นความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ (Expertise knowledge) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในแวดวงของความรู้ในเฉพาะสาขา แต่ความรู้เป็นสิ่งไม่ตายตัวเปลี่ยนแปลงได้ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540)

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงทฤษฎีไว้หลายท่าน เช่น

Glasersfeld (1991 อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540) กล่าวว่า Constructivism เป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยาและการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อความหมายและการควบคุมกระบวนการสื่อความหมายในตัวคน ทฤษฎีของความรู้นี้อ้างถึงหลักการ 2 ข้อ คือ

1. ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจ

2. หน้าที่ของการรับรู้คือการปรับตัวและการประมวลประสบการณ์ทั้งหมด แต่ไม่ใช่เพื่อการค้นพบสิ่งที่ไม่เป็นจริง ซึ่งถ้านำเอาหลักการทั้งสองนี้ไปใช้จะมีผลเกิดขึ้นตามมาแผ่กว้างไปไกลทั้งในการศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาและการเรียนรู้เช่นเดียวกับในการฝึกปฏิบัติการสอนในจิตวิทยาบำบัด และในการจัดการระหว่างบุคคล

Wilson (1996 อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540) กล่าวว่า ทฤษฎี Constructivism เป็นทฤษฎีของความรู้ที่ใช้อธิบายว่าเรารู้ได้อย่างไรและเรารู้อะไรบ้าง ทฤษฎี Constructivism จึงเป็นวิธีการคิดเกี่ยวกับเรื่องของความรู้และการเรียนรู้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) ได้สรุปลักษณะของบุคคลตามแนวคิดทฤษฎี Constructivism ไว้ดังนี้

1. บุคคลทุกคนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว และแสวงหาเพื่อที่จะอธิบายสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านั้น

2. ในการหาคำอธิบาย บุคคลทุกคนได้สร้างโมเดล หรือตัวแทนของวัตถุปรากฏการณ์และเหตุการณ์ที่เขาได้พบในสมองของเขา

3. โมเดลที่เขาสร้างขึ้นนี้อาจแปลกและแตกต่างจากโมเดลของผู้เชี่ยวชาญ

4. บุคคลทุกคนสร้างความหมายให้กับสิ่งที่เขารับรู้ ซึ่งความหมายที่สร้างขึ้นนี้อาจได้รับคำแนะนำจากบุคคลอื่น ๆ รอบตัว

5. การสร้างความหมายนี้เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้

6. ผู้เรียนต้องมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง ผู้สอนเป็นแต่เพียงผู้สนับสนุนอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เท่านั้น

7. ผู้เรียนสร้างความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ๆ

นอกจากนี้สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540) กล่าวถึง ทฤษฎี Constructivism ว่าเป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยอธิบายว่าบุคคลแต่ละคนพยายามที่จะนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) หรือที่เรียกว่า schema โครงสร้างทางปัญญานี้ประกอบด้วยความหมายหรือความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่มีประสบการณ์ อาจเป็นความเชื่อความเข้าใจ คำอธิบายความรู้ของบุคคลนั้น

ดังนั้นสรุปได้ว่า Constructivism เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ ที่มีความเชื่อว่านักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเป็นโครงสร้างทางปัญญาอยู่แล้ว ผู้สอนไม่สามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนได้ นักเรียนเองเท่านั้นจึงจะปรับโครงสร้างทางปัญญาใหม่ได้ เมื่อได้รับประสบการณ์ใหม่ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเข้ากับความรู้เดิม ถ้าความรู้เดิมใช้กับประสบการณ์ใหม่ไม่ได้ นักเรียนจะปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาโดยสร้างองค์ความรู้ใหม่

ขึ้นมาได้เอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก จัดกิจกรรมหรือสิ่งแวดล้อมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันมีปฏิสัมพันธ์กัน เพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ และเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด เชื่อมโยงความรู้เดง เกิดการเรียนรู้แบบ มีความหมายและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ (Piaget) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการทางด้านความคิดของเด็กว่ามีขั้นตอนหรือ กระบวนการอย่างไร ทฤษฎีของเพียเจต์ตั้งอยู่บนรากฐานของทั้งองค์ประกอบที่เป็นพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม เขาอธิบายว่า การเรียนรู้ของเด็กเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งจะมีพัฒนาการไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น พัฒนาการเป็นสิ่งที่เป็นไปตามธรรมชาติ ไม่ควรที่จะเร่งเด็กให้ข้ามจากพัฒนาการจากขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่ง เพราะจะทำให้เกิดผลเสียแก่เด็ก แต่การจัดประสบการณ์ส่งเสริมพัฒนาการของเด็กในช่วงที่เด็กกำลังจะพัฒนาไปสู่ขั้นที่สูงกว่า สามารถช่วยให้เด็กพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม เพียเจต์เน้นความสำคัญของการเข้าใจธรรมชาติและพัฒนาการของเด็กมากกว่าการกระตุ้นเด็กให้มีพัฒนาการเร็วขึ้น เพียเจต์สรุปว่า พัฒนาการของเด็กสามารถอธิบายได้โดยลำดับระยะพัฒนาทางชีววิทยาที่คงที่แสดงให้ปรากฏโดยปฏิสัมพันธ์ของเด็กกับสิ่งแวดล้อม (ทิศนา แขมมณี, 2554, หน้า 90-94)

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ มีสาระสรุปได้ดังนี้

พัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลเป็นไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น ดังนี้

1. ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหว (Sensori-motor stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เช่น การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว การมอง การดู ในวัยนี้เด็กแสดงออกทางด้านร่างกายให้เห็นว่ามีสติปัญญาด้วยการกระทำ ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ แม้ว่าจะไม่สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูด เด็กจะต้องมีโอกาสที่จะปะทะกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพัฒนาการด้านสติปัญญาและความ คิดในขั้นนี้ มีความคิดความเข้าใจของเด็กจะก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เช่น สามารถประสานงานระหว่างกล้ามเนื้อมือ และสายตา เด็กในวัยนี้มักจะทำอะไรซ้ำบ่อย ๆ เป็นการเลียนแบบ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เด็กจะมีการแสดงออกของพฤติกรรมอย่างมีจุดมุ่ง หมายและสามารถแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการแต่กิจกรรมการคิดของเด็กวัยนี้ส่วนใหญ่ยังคงอยู่เฉพาะสิ่งที่สามารถสัมผัสได้เท่านั้น

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี แบ่งออกเป็นขั้นย่อยอีก 2 ขั้น คือ

- ขั้นก่อนเกิดสังกัป (Preconceptual thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็กอายุ 2-4 ปี เป็นช่วงที่เด็กเริ่มมีเหตุผลเบื้องต้น สามารถจะโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ หรือมากกว่ามาเป็นเหตุผลเกี่ยวโยงซึ่งกันและกัน แต่เหตุผลของเด็กวัยนี้ยังมีขอบเขตจำกัดอยู่ เพราะเด็กยังคงยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง คือถือความคิดตนเองเป็นใหญ่ และมองไม่เห็นเหตุผลของผู้อื่น ความคิดและเหตุผลของเด็กวัยนี้ จึงไม่ค่อยถูกต้องตามความเป็นจริงนัก นอกจากนี้ ความเข้าใจต่อสิ่งต่าง ๆ ยังคงอยู่ในระดับเบื้องต้น เช่น เข้าใจว่าเด็กหญิง 2 คน ชื่อเหมือนกัน จะมีทุกอย่างเหมือน กันหมด แสดงว่าความคิดรวบยอดของเด็กวัยนี้ยังไม่พัฒนาเต็มที่ แต่พัฒนาการทางภาษาของเด็กเจริญรวดเร็วมาก

- ขั้นการคิดแบบญาณหยั่งรู้ นึกออกเองโดยไม่ใช้เหตุผล (Intuitive thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ปี ขั้นนี้เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รวมตัวดีขึ้น รู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของวัตถุ เข้าใจความหมายของจำนวนเลข เริ่มมีพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ แต่ไม่แจ่มชัดนัก สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้โดยไม่คิดเตรียมล่วงหน้าไว้ก่อน รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่นและสามารถนำเหตุผลทั่ว ๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหา โดยไม่วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วนเสียก่อนการคิดหาเหตุผลของเด็กยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้หรือสัมผัสจากภายนอก

3. ขั้นปฏิบัติการคิดด้านรูปธรรม (Concrete operation stage) ขั้นนี้จะเริ่มจากอายุ 7-11 ปี พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ เด็กวัยนี้สามารถที่จะเข้าใจเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหาสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ สามารถที่จะเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความคงตัวของสิ่งต่าง ๆ โดยที่เด็กเข้าใจว่าของแข็งหรือของเหลวจำนวนหนึ่งแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไปก็ยังมีน้ำหนัก หรือปริมาตรเท่าเดิม สามารถที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อย ส่วนรวม ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้คือ ความสามารถในการคิดย้อนกลับ นอกจากนั้นความสามารถในการจำของเด็กในช่วงนี้มีประสิทธิภาพขึ้น สามารถจัดกลุ่มหรือจัดการได้อย่างสมบูรณ์ สามารถสนทนากับบุคคลอื่นและเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี

4. ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal operational stage) นี้จะเริ่มจากอายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้เป็นขั้นสุดยอด คือเด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุดลง เด็กจะสามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์

สามารถที่จะตั้งสมมุติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ที่สำคัญเท่ากับความคิดกับสิ่งที่อาจจะเป็นไปได้ เด็กวัยนี้มีความคิดนอกเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างและมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีตัวตน หรือสิ่งที่เป็นนามธรรมพัฒนาการทางการรู้คิดของเด็กในช่วงอายุ 6 ปีแรกของชีวิต ซึ่งเพียเจต์ได้ศึกษาไว้เป็นประสบการณ์ สำคัญที่เด็กควรได้รับการส่งเสริม มี 6 ขั้นได้แก่

4.1 ขั้นความรู้แตกต่าง (Absolute differences) เด็กเริ่มรับรู้ในความแตกต่างของสิ่งที่มองเห็น

4.2 ขั้นรู้สิ่งตรงกันข้าม (Opposition) ขั้นนี้เด็กรู้ว่าของต่างๆ มีลักษณะตรงกันข้ามเป็น 2 ด้าน เช่น มี-ไม่มี หรือ เล็ก-ใหญ่

4.3 ขั้นรู้หลายระดับ (Discrete degree) เด็กเริ่มรู้จักคิดสิ่งที่เกี่ยวกับลักษณะที่อยู่ตรงกลางระหว่างปลายสุดสองปลาย เช่น ปานกลาง น้อย

4.4 ขั้นความเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง (Variation) เด็กสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ เช่น บอกถึงความเจริญเติบโตของต้นไม้

4.5 ขั้นรู้ผลของการกระทำ (Function) ในขั้นนี้เด็กจะเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง

4.6 ขั้นการทดแทนอย่างลงตัว (Exact compensation) เด็กจะรู้ว่าการกระทำให้ของสิ่งหนึ่งเปลี่ยนแปลงย่อมมีผลต่ออีกสิ่งหนึ่งอย่างทัดเทียมกัน

กระบวนการทางสติปัญญามีลักษณะดังนี้

1. การซึมซับหรือการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการทางสมองในการรับประสบการณ์ เรื่องราว และข้อมูลต่าง ๆ เข้ามาสะสมเก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

2. การปรับและจัดระบบ (Accommodation) คือ กระบวนการทางสมองในการปรับประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากันเป็นระบบหรือเครือข่ายทางปัญญาที่ตนสามารถเข้าใจได้ เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่ขึ้น

3. การเกิดความสมดุล (Equilibration) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากขั้นของการปรับ หากการปรับเป็นไปอย่างผสมผสานกลมกลืนก็จะก่อให้เกิดสภาพที่มีความสมดุลขึ้น หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมให้เข้ากันได้ ก็จะเกิดภาวะความไม่สมดุลขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาขึ้นในตัวบุคคล

ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของ ออซูเบล

การเรียนรู้อย่างมีความหมาย จะเกิดขึ้นเมื่อ เนื้อหาหรือเรื่องราวใหม่ที่เรียน สามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างของความรู้ หรือโครงสร้างทางสติปัญญาของผู้เรียนได้ ความหมายของการเรียนรู้อย่างมีความหมายในทฤษฎีการเรียนรู้ของออซูเบล เดิมนั้นได้ชี้ให้เห็นถึงข้อแตกต่างระหว่างการเรียนรู้อย่างมีความในกับการเรียนรู้แบบท่องจำ ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้อย่างมีความหมายก็ต่อเมื่อสามารถหาหนทางเชื่อมโยงความรู้ใหม่ให้เข้ากับความรู้เดิมของตนเองได้ ในทางตรงข้ามถ้าผู้เชื่อมพยายามจาความรู้ใหม่โดยไม่ได้เชื่อมโยงกับความรู้เดิมเลยก็จะเป็นการเรียนรู้แบบท่องจำ (ลักขณา สริวัฒน์, 2557, หน้า 181-182)

ออซูเบล นักจิตวิทยาการศึกษา ชาวอเมริกัน เชื่อว่า จุดประสงค์ขั้นแรกที่จำเป็นในการสอนนั้น เพื่อจะนาเสนอเนื้อหาหรือเรื่องราวอย่างเป็นระบบ โดยทำให้ข้อมูลนั้นมีลักษณะที่มีขอบข่ายสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน และแสดงให้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนเห็นได้อย่างแจ่มชัด ซึ่งออซูเบลได้เสนอแนะให้ใช้วิธีสอนแบบชี้แนะให้ค้นพบ ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างวิธีสอนแบบค้นพบด้วยตนเองของ บรูนเนอร์ และวิธีสอนอย่างมีความหมายซึ่งเขาได้เสนอไว้ ออซูเบลได้ให้เหตุผลว่า วิธีการสอนแบบชี้แนะให้ค้นพบนั้น จะช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างฉับไว เมื่อมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติจัดกระทำกับข้อมูล โดยการชี้แนะของผู้สอนนอกจากนั้นผู้เรียนยังมีโอกาสคิดแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยผนวกเข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้ว วิธีการสอนที่ออซูเบลเสนอไว้ มี 2 วิธี (กิ่งฟ้า สินธุวงศ์, 2525)

1. การแยกความแตกต่างให้แจ่มชัด

การแยกความแตกต่างให้แจ่มชัด สามารถดำเนินการเป็นขั้นตอนตั้งแต่ 1) นำเสนอข้อมูลที่เป็นนามธรรม ให้มีใจความครอบคลุมเรื่องที่จะสอน และเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ผู้เรียนเคยเรียนมาแล้ว 2) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำความเข้าใจกับข้อมูลในข้อแรก จนได้เป็นความคิดรวบยอดเก็บไว้ในโครงสร้างของความรู้ 3) นำเสนอข้อมูลที่เป็นนามธรรมให้มีลักษณะเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งอาจจะทาได้ โดยการเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่าง 4) สอนเรื่องที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น และมีใจความละเอียดมากขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้อย่างมีความหมาย

2. การใช้บทสรุปล่วงหน้า (Advance organizer)

การใช้บทสรุปล่วงหน้าในการจัดการเรียนการสอน โดยเริ่มจาก 1) ให้ผู้เรียนได้รับความรู้ซึ่งเป็นข้อความทั่วไป ของเนื้อเรื่องที่จะสอนก่อนที่จะเรียนเรื่องนั้น 2) ข้อความทั่วไปนั้นอาจเป็นหลักการหรือมโนมติที่สำคัญ ๆ ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของผู้เรียนได้บ้าง

ไม่มากก็น้อย เรียนว่า บทสรุปล่วงหน้า ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) บทสรุปล่วงหน้าที่เกี่ยวกับความรู้เดิม และ 2) บทสรุปล่วงหน้าที่จะต้องเรียนรู้ใหม่ ซึ่งบทสรุปล่วงหน้าดังกล่าวนั้นไม่เพียงแต่จะเป็นหลักการหรือมโนมติเท่านั้น ยังต้องมีวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งจะช่วยในการนำเสนอบทสรุปนั้นๆ ด้วย ซึ่งได้แก่ ข้อความที่ตัดตอนมา บทคัดย่อ การสาธิต การฉายภาพนิ่ง/ ภาพยนตร์ บทสนทนา หรือเรื่องเล่าต่าง ๆ เป็นต้น

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของกระบวนการจัดการเรียนรู้ รวมไปถึงการวัดและประเมินผลซึ่งต้องจัดทำให้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง โดยแสดงให้เห็นกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ความคิด ผู้เรียนสามารถเรียนได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้น ผู้สอนจะเป็นผู้ที่สร้างบรรยากาศทางจิตวิทยาที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้และสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือการเรียนรู้แบบปกติ

ความหมายกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) สามารถตีความหมายได้สองความหมาย (NRC, 1996)

ความหมายแรก คือ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติและอธิบายปรากฏการณ์นั้น ซึ่งวางอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานหรือเหตุผลต่าง ๆ

ความหมายที่สอง คือ กิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ว่ามีวิธีการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างไร

Good (1973) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นเทคนิคหรือกลวิธีอย่างหนึ่งในการจัดให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหาบางอย่างของวิชาวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น เสาะแสวงหาความรู้โดยการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบให้พบด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นวิธีการเรียนโดยการแก้ปัญหาจากกิจกรรมที่จัดขึ้น และใช้วิธีการ

ทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรม ซึ่งปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ที่ผู้เรียนเผชิญแต่ละครั้ง จะเป็นตัวกระตุ้นการคิดกับการสังเกตกับสิ่งที่สรุปพาดพิงอย่างชัดเจน ประดิษฐ์ คิดค้น ตีความหมายภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุด การใช้วิธีการอย่างชาญฉลาด สามารถทดสอบได้ และสรุปอย่างมีเหตุผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2521) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ว่า การสืบเสาะหาความรู้ คือกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา และเป็นผลให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ได้ ซึ่งพบว่า สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ให้ความหมายกระบวนการสืบเสาะสอดคล้องกับความหมายที่สอง ซึ่งก็คือการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ให้ความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า หมายถึงกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการสร้างเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเอง และเก็บข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้นการที่ผู้เรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย

วีณา ประชากูล และ ประสาท เนืองเฉลิม (2553) สรุปความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง แล้วสรุปออกมาเป็นหลักการ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์

ดังนั้นการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในงานวิจัยนี้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการการแก้ปัญหาเป็นผลให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ได้ ผู้เรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการสร้างเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเอง

จิตวิทยาซึ่งเป็นพื้นฐานของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540, หน้า 64) ได้กล่าวถึงหลักทางจิตวิทยาซึ่งสนับสนุนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีอยู่3 ประการ คือ

1. ผู้เรียนจะเรียนได้อย่างดียิ่งขึ้น เมื่อได้เกี่ยวข้องกับการค้นหาความรู้นั้นโดยตรงมากกว่าที่จะได้รับรู้จากการฟังคำบรรยาย

2. การเรียนรู้จะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อมีสถานการณ์แวดล้อมในการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้อยากทราบข้อเท็จจริงหรือรายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้สอนโดยตรงที่ต้องจัดกิจกรรมที่นำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้า

3. การให้ผู้เรียนได้เรียนโดยใช้ความคิดพิจารณาจะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นการพัฒนาสมรรถภาพขั้นสูงของสมอง

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ดังนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2542) กล่าวว่า รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีขั้นตอนดังนี้

1. จัดให้ผู้เรียนอยู่ในบทเรียน (Engage the learner) โดยการตั้งคำถามหรือเล่าเหตุการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนสนใจ และช่วยเชื่อมโยงสิ่งที่จะเรียนกับความรู้เดิม

2. สำรวจเพื่อสร้างมโนทัศน์ (Explore the concept) โดยผู้สอนอธิบายสั้น ๆ พร้อมกับคำศัพท์ 2-3 คำ เพื่อให้ผู้เรียนนำไปใช้พูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์กัน แล้วจึงให้คำจำกัดความของปัญหา หรือปรากฏการณ์เป็นคำพูดของตนเอง

3. อธิบายมโนทัศน์และให้คำจำกัดความ (Explain the concept and define the terms) โดยผู้สอนให้ข้อมูลหรืออธิบายความหมายคำศัพท์บางคำ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำคำศัพท์นั้นไปบรรยายสิ่งที่เป็นประสบการณ์ใหม่ แล้วใช้สติปัญญาตรวจสอบสิ่งที่เรียนรู้ใหม่แล้วจัดให้เข้ากับสิ่งที่เขารู้แล้วอย่างไร

4. ขยายความมโนทัศน์ (Elaborate on the concept) โดยจัดหาสถานการณ์พิเศษหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ให้ผู้เรียนมีโอกาสประยุกต์ใช้ความรู้ และประสบการณ์ที่สะสมมา ทำการสำรวจอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอธิบาย ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งให้กับตัวผู้เรียนเอง

5. ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ (Evaluate students' understanding of the concept) โดยประเมินสิ่งที่ผู้เรียนเรียนรู้ และสิ่งที่เขาจะต้องดำเนินการขยายความรู้ความเข้าใจต่อไป

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2554) ได้กล่าวว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบห้าขั้นตอนสามารถอธิบายรายละเอียดพอสังเขปได้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนอาจสนใจวัตถุสิ่งของปัญหา เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ กิจกรรมของขั้นนี้ควรจะเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมที่ได้เรียนแล้วกับกิจกรรมที่จะเรียนต่อไป การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้อาจทำได้โดยการถามคำถาม การกำหนดปัญหา การแสดงเหตุการณ์ที่ขัดแย้ง และแสดงสถานการณ์ที่ทำให้เห็นปัญหา ผู้สอนมีบทบาทในการแสดงเหตุการณ์และออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน นอกจากนั้นผู้สอนยังเป็นผู้ที่เตรียมลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ของกิจกรรม กิจกรรมในขั้นนี้ไม่ควรจะใช้เวลานานและยากเกินไป ควรเป็นกิจกรรมที่ง่ายและใช้เวลาสั้น ๆ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจแล้ว ผู้เรียนจะใช้เวลาในการสำรวจและค้นหาแนวคิดของตน กิจกรรมการสำรวจและค้นหานี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผู้เรียนจะสำรวจและค้นหาวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์โดยการสังเกต การลงมือปฏิบัติตั้งและทดสอบสมมติฐาน แก้ปัญหา การหาตัวแปร และการตั้งคำถาม ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือพี่เลี้ยง ครูอาจจะเป็นผู้เริ่มกิจกรรมและให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการสำรวจตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์และเหตุการณ์บนพื้นฐานของความรู้เดิมของผู้เรียน ผู้สอนอาจจะเป็นพี่เลี้ยงในการชักนำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดใหม่ ๆ ในขั้นนี้ควรให้ผู้เรียนได้สัมผัสและเรียนรู้กับวัสดุอุปกรณ์และประสบการณ์เชิงประจักษ์ นอกจากนี้ผู้เรียนควรได้เรียนรู้แบบร่วมมือ ผู้เรียนควรมีโอกาสในการปฏิสัมพันธ์ อภิปราย และโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้นในบรรยากาศที่สร้างสรรค์เพื่อเป็นการท้าทายและเสริมสร้างแนวคิดให้กับตนเองและผู้อื่น

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) การอธิบายหมายถึงการกระทำหรือกระบวนการที่ทำให้เกิดความเข้าใจและความกระจ่างเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ กระบวนการอธิบายจะทำให้ผู้เรียนและผู้สอนได้ใช้คำศัพท์ที่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์หรือกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นนี้ครูอาจให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง จากนั้นผู้สอนอาจจะนำเสนอการอธิบายที่เป็นการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการอธิบายนี้ควรเน้นการอธิบายที่เกิดจากผู้เรียนเอง และควรเชื่อมโยงกับขั้นสร้างความสนใจและขั้นสำรวจและค้นหาด้วย จุดประสงค์หลักของขั้นอธิบายนี้คือการนำเสนอแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ ที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย ชัดเจน และตรงไปตรงมา และเพื่อเชื่อมโยงกับกิจกรรมการเรียนขั้นต่อไป

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เมื่อผู้เรียนได้อธิบายสิ่งที่ตนเองเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนควรได้มีโอกาสในการประยุกต์หรือขยายแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะของตน ผู้เรียนบางคนอาจจะยังไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือเข้าใจแนวคิดที่ตนเองเรียนรู้อย่างเดียว ขั้นขยายความรู้นี้จึงเป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น ในขั้นนี้ผู้เรียนควรได้เรียนรู้แบบร่วมมือและการร่วมอภิปรายเป็นกลุ่มด้วย เพราะจะทำให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ตนเข้าใจกับผู้อื่น และได้รับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนร่วมชั้น นอกจากนี้ขั้นการขยายความรู้ยังช่วยให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) การประเมินอย่างไม่เป็นทางการจะเกิดขึ้นตลอดเวลาในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับการประเมินอย่างเป็นทางการ ผู้สอนสามารถทำได้หลังจากขั้นขยายความรู้ ผู้สอนควรที่จะวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยอาจจะให้แบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน และที่สำคัญคือทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสประเมินความเข้าใจของตนเองด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, กรมวิชาการ 2546, หน้า 219-220)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวผู้เรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

จากขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่าประกอบด้วยขั้นสร้างความสนใจเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสำรวจและค้นคว้า เป็นขั้นที่มีการจัดกิจกรรมการสำรวจและค้นหานี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเป็นขั้นที่นำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ ขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่มีการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม และขั้นประเมินเป็นขั้นที่มีการตรวจสอบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้รวมไปถึงได้รับกระบวนการใดบ้างจากการเรียนรู้

บทบาทของผู้สอนในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

สุวิมล เชี้ยวแก้ว (2540, หน้า 65-66) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

1. เป็นผู้วางแผน เลือกและจัดอุปกรณ์สร้างสถานการณ์ในชั้นเรียน กำหนดเวลาและขั้นตอนการเรียน

2. เริ่มบทเรียนโดยการสังเกตความพร้อมของผู้เรียนก่อนที่จะให้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ

3. สร้างปัญหาเพื่อนำไปสู่การค้นคว้า โดยพยายามให้ผู้เรียนนิยามปัญหาอย่างชัดเจน

4. มอบหมายให้ผู้เรียนกำหนดวิธีการแก้ปัญหา และวางแผนที่จะแก้ปัญหานั้น ๆ ให้ลุล่วงด้วยตนเอง

5. ผู้สอนแนะนำอุปกรณ์ วิธีใช้และข้อควรระวังต่าง ๆ

6. ผู้สอนใช้คำถามอย่างเหมาะสม เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกความคิดอย่างเป็นระบบโดยใช้ความสามารถขั้นสูงของสมองอย่างเหมาะสม และในขณะเดียวกันผู้สอนก็ต้องฝึกให้นักเรียนตั้งคำถามถามในสิ่งที่สงสัย โดยผู้สอนไม่จำเป็นต้องรับตอบคำถามของนักเรียน แต่ควรจะชี้แนะแนวทางให้นักเรียนสามารถค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง

7. ผู้สอนควรสังเกตลำดับขั้นในการคิดหาเหตุผลของนักเรียน และให้คำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนต่าง ๆ เมื่อจำเป็น ด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนพยายามหาคำตอบได้ด้วยตนเองมากกว่าที่ผู้สอนจะแนะนำให้ทั้งหมด

8. ถ้าปัญหาใดยากเกินไป นักเรียนไม่สามารถวางแผนแก้ปัญหาได้ผู้สอนก็ควรจะช่วยเหลือนักเรียนโดยเข้าร่วมเป็นสมาชิกคนหนึ่งในกลุ่มการทดลองนั้น ๆ

9. ผู้สอนควรให้กำลังใจนักเรียนมากกว่าการวิพากษ์วิจารณ์หรือทำโทษ

10. ผู้สอนควรพยายามชี้ให้นักเรียนตระหนักถึงข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อนักเรียนจะได้มีเจตคติที่ดีต่อการสอนแบบสืบเสาะ

จากบทบาทของผู้สอนเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่า ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้สร้างสถานการณ์ขึ้นมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิดแก้ปัญหาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตัวนักเรียนเอง โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีสอนที่เหมาะสมกับวิชาวิทยาศาสตร์โดยผู้สอนเป็นผู้เตรียมสภาพแวดล้อม จัดลำดับเนื้อหา แนะนำหรือช่วยให้ผู้เรียนประเมินความก้าวหน้าของตนเอง ส่วนผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ภายใต้เงื่อนไขของครูนักเรียนมีอิสระในการดำเนินการทดลองอย่างเต็มที่ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 126)

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้ คือ

1. ผู้เรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

2. ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. ผู้เรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้ คือ

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัยแปลกใจ จะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย และถ้าผู้สอนไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้มุ่งควบคุมพฤติกรรมของผู้เรียนมากเกินไป จะทำให้ผู้เรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำและเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก ผู้เรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

4. ผู้เรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและผู้เรียนที่ต้องการแรงกระตุ้น เพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่ผู้เรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจของผู้เรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

นอกจากนี้ผดุงยศ ดวงมาลา (2530, หน้า 127) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

1. ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดมากกว่าความจำ

2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

3. ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะทางวิทยาศาสตร์

4. ทำให้การเรียนการสอนสอดคล้องกับเอกลักษณ์และปรัชญาวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ขณะเดียวกันผดุงยศ ดวงมาลา (2530, หน้า 128) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

1. การเรียนการสอนจะไปได้ช้า ได้เนื้อหาน้อย

2. สิ้นเปลืองเวลาในการฝึกฝนนักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. ผู้สอนยังขาดแหล่งความรู้เพื่อใช้ในการค้นคว้าเพิ่มเติม เพราะการสอนแบบนี้ผู้สอนจะต้องมีความรู้กว้างขวาง

4. ผู้สอนยังขาดแหล่งความรู้ในการฝึกตั้งคำถาม

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัด ดังนั้นผู้สอนแต่ละคนต้องนำไปประยุกต์ใช้ เช่น อาจเพิ่มเติมเทคนิคกาสอนรูปแบบอื่นสอดแทรกเข้าไปในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ตัวผู้เรียน

จากการศึกษารายละเอียดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือการเรียนรู้แบบปกติเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการเรียนรู้แบบปกติโดยเฉพาะส่วนของ จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ แหล่งการเรียนรู้ รวมไปถึงการวัด

และประเมินผลเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามที่สถานศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

การเรียนรู้โดยใช้คำถามระดับสูง

ความสำคัญของการใช้คำถาม

การใช้คำถามเป็นเทคนิคสำคัญในการเสาะแสวงหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพ เป็นกลวิธีการสอนที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะการคิด การตีความ การไตร่ตรอง การถ่ายทอดความคิดอย่างมีเหตุผล สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการจัดกระบวนการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

การใช้คำถามเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาความคิดใหม่ ๆ กระบวนการถามจะช่วยขยายทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล ทำความเข้าใจให้กระจ่าง ได้ข้อมูลป้อนกลับทั้งด้านการเรียนการสอน ก่อให้เกิดการทบทวน การเชื่อมโยงระหว่างความคิดต่าง ๆ ส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็นและเกิดความท้าทาย (กัญญา วีรยวรรธน, 2536, หน้า 17)

การใช้คำถามยังสามารถส่งเสริมให้ผู้ตอบใช้ความคิดนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ ทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์และเกิดทักษะในการคิดอย่างมีระบบ นอกจากนั้นยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น ตลอดจนกระตุ้นให้ได้ลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545, หน้า 12)

ดังนั้น คำถามมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนเป็นการกระตุ้นความคิดของผู้เรียน ถ้าผู้สอนมีความสามารถในการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ได้ดี โดยเฉพาะหลักสูตรประถมศึกษาและมัธยมศึกษาฉบับปัจจุบันมุ่งให้ผู้เรียนได้คิด ได้แก้ปัญหา ได้วิเคราะห์ ได้หาแนวทางเลือกปฏิบัติที่เหมาะสม ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องมีทักษะในการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพ จึงจะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดและการให้เหตุผล ดังที่หลักสูตรมุ่งหมายไว้ (จิราพร อัครสมพงศ์, 2536, หน้า 107)

ความหมายของคำถามระดับสูง

การใช้คำถามระดับสูงเป็นเทคนิคการสอน รูปแบบหนึ่งซึ่งมีนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยได้กล่าวถึงความหมายของคำถามระดับสูงไว้ดังนี้

George and Hans (1970) ใช้กระบวนการทางความคิดที่ผู้เรียนใช้ความรู้เดิมที่ได้รับมาตอบคำถาม เป็นเกณฑ์ในการจำแนกคำถามซึ่งจำแนกเป็น 2 ระดับ คือ คำถามสืบสอบ

ระดับต่ำ และคำถามสืบสอบระดับสูง โดยให้ความหมายคำถามสืบสอบระดับสูงได้ว่า เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบปฏิบัติสิ่งนี้

1. แสดงการปฏิบัติเชิงนามธรรม ซึ่งใช้มากในวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การแทนที่หรือการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่าย

2. การประเมินค่า โดยมีเหตุผลเพียงพอ

3. บอกความเหมือนหรือความแตกต่างของสิ่ง 2 สิ่งหรือมากกว่า โดยใช้เกณฑ์ที่ผู้ตอบสร้างขึ้นเอง

4. บอกลำดับเหตุการณ์ที่เป็นผลมาจากเหตุการณ์ที่กำหนดให้

5. บอกหลักฐานหรือเหตุผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

George and Wragg (1993) กล่าวไว้โดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูง (High order Questions) หมายถึง คำถามที่ต้องการคำตอบมากกว่าการให้ผู้เรียนบอกข้อความจริงหรือความหมาย ความจำ หรือให้ยกตัวอย่าง แต่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ สรุป อ้างอิง ตัวอย่างเช่น "ทำไมนกจึงเป็นแมลง" หรือ "นี่คือส่วนที่ยังเหลืออยู่ จงเขียนในรูปร้อยละ"

รัญจวน คำวชิรพิทักษ์ (2538, หน้า 75) ให้ความหมายของคำถามระดับสูง สรุปได้ว่า เป็นคำถามที่ผู้ตอบต้องใช้การประยุกต์ การประเมิน หรือใช้ความคิดในระดับสูง ซึ่งคำตอบที่ได้จากการตั้งสมมติฐาน หรือการคาดคะเน หรือการประเมินตัวอย่าง มักจะขึ้นต้นด้วยคำว่า ทำไม อย่างไร

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2545, หน้า 79) ให้ความหมายของคำถามระดับสูงไว้ว่า คำถามระดับสูง เป็นคำถามที่ต้องการคำตอบระดับการแปล การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า หรือเรียกได้ว่าเป็นคำถามที่ต้องการวัดความคิด ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านของทักษะความคิดและการให้เหตุผล

สราวดี เพ็งศรีโคตร (2549, หน้า 60) กล่าวไว้โดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ส่งเสริมให้เด็กคิด โดยนำความรู้และประสบการณ์เดิม หรือจากความจำที่ได้จากคำถามระดับต่ำมาเป็นพื้นฐานในการสรุปหาคำตอบ

สายัณห์ ผาน้อย (2549, หน้า 110) ให้ความหมายของคำถามระดับสูงไว้ว่า เป็นคำถามที่ต้องการคำตอบที่ต้องใช้สติปัญญาสูงขึ้น คือ คำถามในระดับความเข้าใจ การนำไปใช้ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า หรือเรียกว่าคำถามที่ต้องการสอบความคิด (Thought Question) การตอบคำถามระดับนี้ผู้ตอบต้องใช้ความคิด ความสัมพันธ์และการแปลผลโดยอาศัยพื้นฐานความจำมาสัมพันธ์กัน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 58) ได้กล่าวว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ส่งเสริมให้ผู้ตอบใช้ความคิด นำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานแล้วสรุปหาคำตอบ เป็นการส่งเสริมให้เด็กมีความคิดสร้างสรรค์ และเกิดทักษะในการคิดอย่างมีระบบ นอกจากนั้นยังเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นตลอดจนกระตุ้นให้ได้ลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง

อัมพร ม้าคนอง (2553, หน้า 80-82) ได้กล่าวไว้โดยสรุปว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความคิดในระดับสูง เช่น ให้เปรียบเทียบ ค้นหาแบบรูป หาข้อสรุปที่เป็นเหตุเป็นผล เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนได้ค้นพบสิ่งใหม่หลังการใช้ความรู้ที่มีอยู่ประกอบการคิดอย่างรอบคอบ

จากความหมายของคำถามระดับสูงที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดอย่างมีเหตุผลของผู้เรียนและคำถามที่ต้องการคำตอบมากกว่าการให้ผู้เรียนบอกข้อความจริง ความหมาย ความจำ และต้องการส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ความคิดในระดับสูงในการตอบคำถามและช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านของทักษะความคิดและการให้เหตุผล

ความสำคัญของคำถามระดับสูง

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของคำถามระดับสูงไว้ดังนี้

กัญญา วีรยวรรธน (ม.ป.ป.) กล่าวว่า คำถามระดับสูงจะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดระดับสูง และเป็นคนมีเหตุผล ผู้เรียนไม่เพียงแต่จดจำความรู้ ข้อเท็จจริงได้อย่างเดียวแต่สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ และประเมินสิ่งที่ถามได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสาระสำคัญของเรื่องราวที่เรียนได้อย่างถูกต้องและกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาข้อมูลมาตอบคำถามด้วยตนเอง

รัญจวน คำวชิรพิทักษ์ (2538, หน้า 76) กล่าวไว้ว่า การใช้คำถามระดับสูงจะกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดและค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 93) กล่าวไว้โดยสรุปได้ว่า การใช้คำถามระดับสูงเป็นการถามคำถามที่กระตุ้นให้ผู้ตอบใช้ความคิดโดยนำความรู้จากการสืบเสาะค้นหาและประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบรวมทั้งส่งเสริมให้ผู้ตอบเกิดทักษะในการคิดอย่างมีระบบและยังเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นตามหลักเหตุผล ซึ่งการใช้คำถามระดับสูงเป็นสิ่งสำคัญที่จะจุดประกายให้ผู้เรียนกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้เพื่อตอบคำถามอย่างมีเหตุผล

จากความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูงที่กล่าวมา สรุปได้ว่า คำถามระดับสูงจะช่วยส่งเสริมการคิดระดับสูงและสร้างความมีเหตุผลให้แก่ผู้เรียน ซึ่งหากใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่องจนผู้เรียนคุ้นเคย จะช่วยพัฒนาความคิดและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ดี

ประเภทของคำถามระดับสูง

มีนักการศึกษาหลายท่านทั้งในและต่างประเทศที่ได้แบ่งประเภทของคำถามระดับสูงไว้ตามแนวคิดของแต่ละท่าน ดังนี้

Grorge and Hans (1970) แบ่งประเภทของคำถามสืบสอบระดับสูงว่าเป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนปฏิบัติสิ่งต่อไปนี้

1. แสดงการปฏิบัติเชิงนามธรรม ซึ่งใช้มากในวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การแทนที่หรือการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่าย
2. การประเมินค่า โดยมีเหตุผลเพียงพอ
3. บอกความเหมือนหรือความแตกต่างของสิ่ง 2 สิ่งหรือมากกว่า โดยใช้เกณฑ์ที่ผู้ตอบสร้างขึ้นเอง
4. บอกลำดับเหตุการณ์ที่เป็นผลมาจากเหตุการณ์ที่กำหนดให้
5. บอกหลักฐานหรือเหตุผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

ปานทอง กุลนาถศิริ (2546, หน้า 4-8) ได้แสดงตัวอย่างคำถามระดับสูงที่ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบ (Compering)
   1.1 เหมือนหรือต่างกันอย่างไร
2. การจำแนก (Classifying)
   2.1 กลุ่มไหนที่เราจะใส่สิ่งของได้
   2.2 กฎอะไรที่ทำให้สามเป็นสมาชิกของเซตนี้
3. การวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural analysis)
   3.1 อะไรคือความคิดหลัก
   3.2 ข้อมูลสนับสนุนแต่ละส่วนเกี่ยวข้องกันอย่างไร
4. การเสริมสร้างการอุปนัย (Support induction)
   4.1 นักเรียนสามารถสรุปได้อย่างไร
   4.2 อะไรทำให้นักเรียนสรุปได้อย่างนั้น

5. การเสริมสร้างการนิรนัย (Support deduction)
   5.1 อะไรต้องเป็นจริงจึงจะทำให้หลักการดังกล่าวเป็นจริง
   5.2 จะต้องพิสูจน์อะไร จึงจะทำให้หลักการดังกล่าเป็นจริง
6. การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error analysis)
   6.1 เกิดข้อผิดพลาดอะไรตรงนี้
   6.2 ผิดพลาดได้อย่างไร เราจะแก้ไขได้อย่างไร
7. การสร้างแรงสนับสนุน (Constructing support)
   7.1 อะไรจะนำมาใช้สนับสนุนข้อโต้แย้ง
   7.2 อะไรเป็นข้อจำกัดของข้อโต้แย้ง
8. การขยายความคิด (Extending)
   8.1 แบบรูปทั่วไปของข้อมูลตรงนี้คืออะไร
   8.2 เราสามารถจำนำข้อมูลตรงนี้ไปใช้ได้อย่างไร
9. การตัดสินใจ (Making decision)
   9.1 ข้อสรุปใดดีที่สุด
   9.2 ข้อความใดให้ความหมายน้อยที่สุด
10. การสืบเสาะ (Investigation)
   10.1 เกิดสิ่งนี้ได้อย่างไร
   10.2 สิ่งนี้จะเป็นอย่างไรถ้า
11. การวิเคราะห์ระบบ (System analysis)
   11.1 จะดำเนินการหาคำตอบได้อย่างไร
12. การแก้ปัญหา (Problem solving)
   12.1 จะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร
   12.2 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่ เพราะเหตุใด
13. การประดิษฐ์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Invention)
   13.1 เราจะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างไร
   13.2 มีสิ่งใหม่ที่เราจะทำได้อีกหรือไม่

Benjamin Bloom (1956) ได้แบ่งการใช้คำถามที่ส่งเสริมพัฒนาการทางด้านสติปัญญา ออกเป็น 6 คำถาม จากขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นที่ซับซ้อนดังนี้

1. คำถามความรู้ (Knowledge) คือ คำถามที่ต้องใช้ความสามารถในการเก็บรักษามวลประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้เมื่อต้องการเปรียบดังเทปบันทึกเสียงหรือวีดิทัศน์ ที่สามารถเก็บเสียงและภาพของเรื่องราวต่าง ๆ ได้ สามารถเปิดฟังหรือ ดูภาพเหล่านั้นได้ เมื่อต้องการ

2. คำถามความเข้าใจ (Comprehensive) คือ คำถามที่ต้องใช้ความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อ และสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ ตีความ คาดคะเน ขยายความ หรือ การกระทำอื่น ๆ

3. คำถามการนำความรู้ไปใช้ (Application) คือ คำถามที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้ประสบการณ์ไปใช้ในกาแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจจึงจะสามารถนำไปใช้ได้

4. คำถามการวิเคราะห์ (Analysis) คือ คำถามที่ผู้เรียนสามารถคิด หรือ แยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ความสามารถในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความคิดของแต่ละคน

5. คำถามถามการสังเคราะห์ (Synthesis) คือ คำถามที่ต้องใช้ความสามารถในการที่ผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันอย่างมีระบบ เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์และดีกว่าเดิม อาจเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย การกำหนดวางแผนวิธีการดำเนินงานขึ้นใหม่ หรือ อาจจะเกิดความคิดในอันที่จะสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรมขึ้นมาในรูปแบบ หรือ แนวคิดใหม่

6. คำถามการประเมินค่า (Evaluation) คือ คำถามที่ต้องใช้ความสามารถในการตัดสินตีราคา หรือ สรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ออกมาในรูปของคุณธรรมอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นไปตามเนื้อหาสาระในเรื่องนั้น ๆ หรืออาจเป็นกฎเกณฑ์ที่สังคมยอมรับก็ได้

จากคำถามส่งที่เสริมพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของบลูม 6 คำถาม จะเห็นได้ว่าคำถามที่จัดเป็นคำถามระดับสูงได้แก่ คำถามการวิเคราะห์ (Analysis) คำถามการสังเคราะห์ (Synthesis) และคำถามการประเมินค่า (Evaluation)

Anderson and Krathwohl (2001) ได้แบ่งการใช้คำถามที่ส่งเสริมพัฒนาการทางด้านสติปัญญาฉบับใหม่ที่ปรับปรุงจากจุดมุ่งหมายการศึกษาของบลูม ฉบับปี 1965 โดยได้นำเสนอการจัดแบ่งการใช้ถามใหม่ออกเป็น 6 คำถามดังนี้

1. คำถามการจำ (Remembering) คือ คำถามที่ต้องใช้ความสามารถจำความรู้ที่เรียนไปแล้ว นำมาใช้ใหม่ได้และสามารถระบุถึงข้อมูลที่จัดเจน เช่น สาระ วัน เหตุการณ์ที่สำคัญได้

2. คำถามการเข้าใจ (Understanding) คือ คำถามที่ต้องใช้ความสามารถในการสร้างความรู้ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจถึง ความหมาย นัยยะ สาระสำคัญ ที่ปรากฏอยู่ โดยสามารถแสดงออก สื่อสารออกมาด้วย การพูด การเขียน การใช้ภาพสัญลักษณ์

3. คำถามการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Applying) คือ คำถามที่ต้องใช้ความสามารถในการเลือก ความรู้ ทฤษฎี ไปใช้ได้ในสถานการณ์ที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดผลที่ดีที่สุด ถูกต้องที่สุด

4. คำถามการวิเคราะห์ (Analyzing) คือ คำถามที่ต้องใช้สามารถในการนำเอาสิ่งที่ศึกษามาแยกส่วนและศึกษา วิเคราะห์ องค์ประกอบ คุณสมบัติ คุณภาพ คุณลักษณะในแต่ละส่วนนั้นว่าเป็นเช่นใด มีความสัมพันธ์ระหว่างส่วนแต่ละส่วนอย่างไรและนำมาศึกษาในภาพรวมของสิ่งที่จะศึกษาอีกครั้งหนึ่งเป็นผลสรุป ตลอดจนการศึกษาเพื่อศึกษาถึงจุดมุ่งหมาย จุดประสงค์ของสิ่งที่ศึกษานั้น ๆ

5. คำถามการประเมิน (Evaluating) คือ คำถามที่ต้องใช้สามารถในการประเมิน (Evaluating) ประกอบด้วย การตัดสินใจจากเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น (criteria) หรือจากมาตรฐาน (standard) ที่สร้างขึ้นไว้แล้ว ด้วยการตรวจสอบทั้งแบบ การสำรวจรายการหรือแบบอื่น ๆ (checking) และการวิเคราะห์ (critiquing)

6. คำถามการสร้างสรรค์ (Creating) คือ คำถามที่ต้องใช้สามารถในการนำเอาองค์ความรู้ที่กล่าวไปแล้วนั้นมาบูรณการใช้ร่วมกันทั้งในด้าน ความสอดคล้องของความรู้ (coherent) สามารถนำเอาความรู้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (functional whole) สามารถนำเอาความรู้เดิมมาจัดระบบความคิดเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ (reorganize) ทั้งในด้านแบบแผน (pattern) หรือโครงสร้างของชุดความรู้ (structure) ซึ่งผลของขั้นการสร้างสรรค์อาจอยู่ทั้งในรูปของการได้มาซึ่งชุดความรู้ใหม่ (generate) รูปแบบการวางแผนที่แตกต่างไปจากเดิม (plan) หรืออาจเป็นผลผลิตใหม่ (product)

จากคำถามส่งที่เสริมพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของ Anderson และ Krathwohl ฉบับใหม่ที่ปรับปรุงจากจุดมุ่งหมายการศึกษาของบลูม ฉบับปี 1965 จะเห็นได้ว่าคำถามที่จัดเป็นคำถามระดับสูงได้แก่ คำถามการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Applying) คำถามการวิเคราะห์ (Analyzing) คำถามการประเมิน (Evaluating) และคำถามการสร้างสรรค์ (Creating)

สราวดี เพ็งศรีโคตร (2549, หน้า 60-61) แบ่งประเภทของคำถามระดับสูงออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่

1. คำถามให้อธิบาย เป็นคำถามที่มักมีคำว่า ทำไม อย่างไร และเพราะเหตุใดประกอบอยู่ด้วย

2. คำถามให้เปรียบเทียบ เป็นคำถามให้ผู้เรียนคิดเปรียบเทียบสิ่งของสองสิ่งว่ามีคุณสมบัติเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

3. คำถามให้ยกตัวอย่าง เป็นคำถามที่ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมคิดหาคำตอบและมีคำตอบหลายอย่าง

4. คำถามให้วิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้ผู้เรียนได้คิด ค้นหาความจริงที่ประกอบขึ้นเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์ หรือให้แยกแยะเรื่องราวออกเป็นส่วนย่อย เพื่อหาสาเหตุและผลของปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

5. คำถามให้สังเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้ผู้เรียนได้คิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ ระหว่างส่วนย่อยมาเป็นความคิดใหม่และพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

6. คำถามให้ประเมินค่า เป็นคำถามที่ให้ผู้เรียนพิจารณาคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ และตัดสินใจอย่างมีเหตุผล รู้จักประเมินผลโดยใช้เนื้อหา เรื่องราว รวมทั้งกฎเกณฑ์ที่เป็นจริงแล้วนำมาสนับสนุนความคิดของตน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 58) ได้แบ่งคำถามระดับสูงออกเป็น 7 ชนิด ดังนี้

1. คำถามให้อธิบาย เป็นคำถามที่ผู้ตอบจะต้องนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ

2. คำถามให้เปรียบเทียบ เป็นคำถามที่ทีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนใช้ความคิดเปรียบเทียบของสองสิ่งว่ามีคุณสมบัติหรือลักษณะคล้ายคลึงกันหรือต่างกันอย่างไร

3. คำถามให้จำแนกประเภท เป็นคำถามเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักจัดกลุ่ม จัดหมวดหมู่โดยใช้เกณฑ์ของตนเองหรือของผู้อื่น หรือบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มที่ผู้อื่นทำไว้

4. คำถามให้ยกตัวอย่าง เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบบอกชื่อ หรือยกตัวอย่างของสิ่งที่กำหนดให้ โดยอาศัยทักษะการสังเกต และมีความรู้ความจำเรื่องต่าง ๆ เป็นพื้นฐานในการหาคำตอบ

5. คำถามให้วิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้คิดหาความจริงหรือแยกแยะเรื่องราเพื่อหาสาเหตุและผลต่าง ๆ ของปัญหาที่เกิดขึ้น หรือให้ผู้เรียนได้คิดค้นหาความจริงต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์

6. คำถามให้สังเคราะห์ เป็นการสรุปรวมสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไปให้เกิดเป็นของใหม่ขึ้นมา เป็นแนวคิดใหม่ หรือพัฒนาของเก่าให้ดีขึ้น ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น คำถามให้สังเคราะห์ เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้เด็กใช้กระบวนการคิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อยขึ้นเป็นหลักการ

7. คำถามให้ประเมินค่า เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้ได้พิจารณาคุณค่าของสิ่งของก่อนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล รู้จักประเมินค่าขงสิ่งต่าง ๆ โดยใช้หลักเกณฑ์ที่เป็นจริงและเป็นที่ยอมรับของสังคมแล้วมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนก่อนตัดสินใจ

อัมพร ม้าคนอง (2553, หน้า 80-82) ได้แบ่งลักษณะของคำถามระดับสูงไว้ 12 ประเภท ดังนี้

1. คำถามที่ถามให้ผู้เรียนแปลความหมาย และยกตัวอย่างของสิ่งที่เป็นนามธรรม เป็นต้นว่า นิยามหรือกฎทั่วไป

2. คำถามที่ถามให้ผู้เรียนใช้วิธีการหรือกลวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่เพิ่งเรียนรู้ หรือให้ตัดสินว่าสิ่งที่กำหนดให้เป็นไปตามเงื่อนไขของนิยามหรือมโนทัศน์เฉพาะใด ๆ หรือไม่

3. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนปรับรูปแบบความ ประโยค หรือแนวคิดโดยคงสาระหรือโครงสร้างที่จำเป็นของคำถามไว้

4. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนแปลความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ให้อยู่ในรูปภาษาเขียนหรือภาษาพูด

5. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการใช้สัญลักษณ์แทนการมองสิ่งของทางกายภาพหรือปรากฏการณ์ และการสังเกตข้อมูลหรือมโนทัศน์ทางเรขาคณิต

6. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนเปรียบเทียบความคล้ายคลึงหรือความแตกต่าง

7. คำถามที่ผู้เรียนเข้าใจปัญหา แต่ไม่ทราบวิธีการแก้ปัญหา

8. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงการพิสูจน์หรือแสดงข้อความขัดแย้งทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ

9. คำถามที่ถามเพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบความถูกต้องของการนำหลักตรรกศาสตร์ไปใช้

10. คำถามที่ถามเพื่อให้ผู้เรียนหาแบบรูป ทำตามแบบรูป หรือแก้ปัญหาผ่านการค้นพบแบบรูป

11. คำถามที่ถามให้ผู้เรียนสร้างกลวิธีหรือข้อมูลสำหรับแก้ปัญหา

12. คำถามที่ถามให้ผู้เรียนคิดได้อย่างหลากหลาย ไม่จำกัดขอบเขต

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 93) ได้แบ่งลักษณะของคำถามระดับสูงไว้ 7 ประเภท ดังนี้

1. คำถามให้อธิบาย เป็นคำถามที่ผู้ตอบจะต้องนำความรู้ และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ

1.1 ถ้าอยากทราบว่า มดที่เลี้ยงไว้ชอบอาหารประเภทใดมากที่สุด เด็ก ๆ จะทำอย่างไร

1.2 ทำไมจึงบอกว่า มดชอบกินน้ำหวาน ลองเล่าให้เพื่อน ๆ ฟังซิ

2. คำถามให้เปรียบเทียบ เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้ความคิดเปรียบเทียบของสองสิ่งว่ามีคุณสมบัติหรือลักษณะคล้ายกันหรือต่างกันอย่างไร

2.1 เสือกับแมวมีอะไรต่างกันบ้าง

2.2 เสือกับแมวมีอะไรที่คล้ายกัน

2.3 ถ้าเราต้องช่วยกันจัดผลไม้เหล่านี้ใส่กระจาด 2 ใบจะจัดแบ่งอย่างไร

2.4 ทำไมเด็ก ๆ เหล่านี้จึงไม่สวมเสื้อในฤดูหนาว

2.5 ทำไมมดแต่ละรังต้องมีนางพญามด

3. คำถามให้จำแนกประเภท เป็นคำถามเพื่อส่งเสริมให้ผู้ตอบรู้จักจัดกลุ่มจัดหมวดหมู่โดยใช้เกณฑ์ของตนเองหรือของผู้อื่น หรือบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มที่ผู้อื่นทำไว้

3.1 ครูแบ่งมดออกเป็น 2 พวกอย่างที่เห็น บอกได้ไหมว่าทำไมครูจึงแบ่งเช่นนี้

3.2 ลองคิดดูซิว่า เราจะแบ่งภาพสัตว์เหล่านี้เป็น 2 กลุ่มได้อย่างไรดี

4. คำถามให้ยกตัวอย่าง เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบบอกชื่อ หรือยกตัวอย่างของสิ่งที่กำหนดให้ โดยอาศัยทักษะการสังเกต และมีความรู้ความจำเรื่องต่าง ๆ เป็นพื้นฐานในการหาคำตอบ

4.1 ให้นักเรียนยกตัวอย่างผักที่ใช้เป็นอาหารคนละ 1 ชื่อ

4.2 ให้บอกชื่อสิ่งของที่บรรจุอยู่ในกระป๋องมาคนละ 1 ชื่อ

4.3 บอกชื่อผลไม้ที่มีรสหวานคนละ 1 ชนิด

4.4 มีสัตว์ชนิดใดบ้างที่เลี้ยงไว้ใช้งาน

5. คำถามให้วิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้คิดค้นหาความจริงหรือแยกแยะเรื่องราวเพื่อหาสาเหตุและผลต่าง ๆ ของปัญหาที่เกิดขึ้น หรือให้ผู้ตอบได้คิดค้นหาความจริงต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์

5.1 แมวมีประโยชน์อย่างไร

5.2 แมวให้โทษอย่างไร

5.3 ถ้าจะเลี้ยงแมวจะต้องเตรียมอะไรบ้าง

5.4 ทำไมผ้าจึงแห้งได้

5.5 จงช่วยกันบอกชื่อส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้

6. คำถามให้สังเคราะห์ หมายถึง การผสมรวมสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไปให้เกิดเป็นของใหม่ขึ้นมาเช่น การปรุงอาหาร การพูด การเขียนให้เป็นข้อความหรือเรื่องราวที่เป็นแนวคิดใหม่ หรือพัฒนาของเก่าให้ดีขึ้น ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น คำถามให้สังเคราะห์ เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้ผู้ตอบใช้กระบวนการคิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อยขึ้นเป็นหลักการ

6.1 อะไรเอ่ย นกมีหู หนูมีปีก บินหลบหลีกอยู่กลางคืน

6.2 ถ้าไม่อยากให้ฟันผุ เด็ก ๆ คิดว่าควรทำอย่างไร

6.3 ถ้ามดง่ามตัวโตเท่าช้างจะเป็นอย่างไร

6.4 ถ้าคนบินได้อะไรจะเกิดขึ้น

6.5 ถ้าสัตว์ต่าง ๆ ในโลกนี้พูดภาษาคนได้อะไรจะเกิดขึ้น (เป็นคำถามที่มุ่งให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ คือ คิดในแนวทางที่แปลกและแตกต่างไปจากเดิมเกิดเป็นแนวคิดใหม่)

7. คำถามให้ประเมินค่า เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้ได้พิจารณาคุณค่าของสิ่งของก่อนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล รู้จักประเมินค่าของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้กฎเกณฑ์ที่เป็นจริงและเป็นที่ยอมรับของสังคมแล้ว มาสนับสนุนความคิดเห็นของตนก่อนตัดสินใจ

7.1 อาหารจานนี้นักเรียนควรรับประทานหรือไม่ เพราะเหตุใด

7.2 นักเรียนควรแบบเด็กในภาพหรือไม่ เพราะเหตุใด (ครูให้ดูภาพเด็กกำลังยิงนก ครูต้องการให้เด็กประเมินการกระทำของเด็กคนนั้นในภาพพร้อมทั้งบอกเหตุผล)

จะเห็นได้ว่ามีการแบ่งคำถามระดับสูงออกเป็นหลายประเภท ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปคำถามระดับสูงออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. คำถามให้อธิบาย เป็นคำถามที่ผู้ตอบจะต้องนำความรู้ และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ

2. คำถามให้เปรียบเทียบ เป็นคำถามให้ผู้เรียนได้คิดเปรียบเทียบความคล้ายคลึง ความแตกต่าง หรือบอกความสัมพันธ์

3. คำถามให้จำแนกประเภท เป็นคำถามเพื่อส่งเสริมให้ผู้ตอบรู้จักจัดกลุ่ม จัดหมวดหมู่โดยใช้เกณฑ์ของตนเองหรือของผู้อื่น หรือบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มที่ผู้อื่นทำ

4. คำถามให้ยกตัวอย่าง เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบบอกชื่อ หรือยกตัวอย่างของสิ่งที่กำหนดให้ โดยอาศัยทักษะการสังเกต และมีความรู้ความจำเรื่องต่าง ๆ เป็นพื้นฐานในการหาคำตอบ

5. คำถามให้วิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้คิดค้นหาความจริงหรือแยกแยะเรื่องราวเพื่อหาสาเหตุและผลต่าง ๆ ของปัญหาที่เกิดขึ้น หรือให้ผู้ตอบได้คิดค้นหาความจริงต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์

6. คำถามให้สังเคราะห์ หมายถึง การผสมรวมสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไปให้เกิดเป็นของใหม่ขึ้นมาเช่น การปรุงอาหาร การพูด การเขียนให้เป็นข้อความหรือเรื่องราวที่เป็นแนวคิดใหม่ หรือพัฒนาของเก่าให้ดีขึ้น ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น คำถามให้สังเคราะห์ เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้ผู้ตอบใช้กระบวนการคิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อยขึ้นเป็นหลักการ

7. คำถามให้ประเมินค่า เป็นคำถามที่มีจุดมุ่งหมายให้ได้พิจารณาคุณค่าของสิ่งของก่อนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล รู้จักประเมินค่าของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้กฎเกณฑ์ที่เป็นจริงและเป็นที่ยอมรับของสังคมแล้ว มาสนับสนุนความคิดเห็นของตนก่อนตัดสินใจ

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับคำถามระดับสูงเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะในส่วนของกระบวนการเรียนรู้ซึ่งมีการใช้คำถามระดับสูงร่วมในการจัดการเรียนรู้ดังนั้นการใช้คำถามระดับสูงควรพิจารณาเลือกใช้ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้รวมไปถึงสังเกตคำตอบของผู้เรียนที่ตอบกลับเพื่อพิจารณาว่าคำตอบนั้นถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Good (1973, p. 7) กล่าวไว้สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การบรรลุถึงความรู้ หรือการพัฒนาในการเรียน ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาจากคะแนนที่กำหนดให้หรือคะแนนที่ผู้สอนได้มอบหมาย หรือทั้ง 2 อย่าง

สมหวัง พิริยานุวัฒน์ (2537, หน้า 71) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงผลที่เกิดจากการสอนหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งแสดงออกมา 3 ด้าน ได้แก่ พุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย

สุวิทย์ หิรัญยกาณฑ์ และคณะ (2540, หน้า 5) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสรุปได้ว่า เป็นความสำเร็จที่ได้รับจากความรู้ ความสามารถหรือทักษะหรือผลของการเรียนการสอนหรือผลงานที่เด็กได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้น ๆ ก็ได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 387) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่ง สิ่งใดจากที่ไม่เคยกระทำได้หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอนและเป็นพฤติกรรมที่วัดได้

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, หน้า 15) ได้กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสรุปได้ว่าเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนหลังจากที่ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถวัดได้จากการพัฒนาด้านสติปัญญา ความรู้สึก และทักษะกลไกของตัวผู้เรียน

กล่าวโดยสรุป ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถด้านพุทธิพิสัย หรือการนำความรู้ไปใช้ ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการจัดการเรียนรู้และเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

Gronlund (1993, p. 1) ให้แนวคิดว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นกระบวนการคิดเชิงระบบ เพื่อการวัดพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีหน้าที่หลักสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2538, หน้า 127) ได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ ทักษะและสมรรถภาพด้านสมองต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจากการเรียนการสอน และจากประสบการณ์อื่น ๆ เป็นแบบทดสอบที่มุ่งหวังความสามารถเชิงวิชาการเป็นส่วนใหญ่

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 96) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2549, หน้า 16) กล่าวถึง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสรุปได้ว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความมุ่งหมายสำคัญ คือ เพื่อใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชาและทักษะต่าง ๆ ของแต่ละวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาขาวิชาทั้งหลายที่ได้จัดสอนในระดับชั้นต่าง ๆ ของแต่ละโรงเรียน ลักษณะของแบบวัดผลสัมฤทธิ์มีทั้งที่เป็นข้อเขียน (Paper and Pencil Test) และที่เป็นภาคปฏิบัติจริง (Performance Test)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 166) กล่าวถึงแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่า มีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งสำหรับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ความสามารถถึงระดับมาตรฐานที่ผู้สอนกำหนดไว้หรือยัง หรือมีความรู้ความสามารถถึงระดับใดหรือมีความรู้ความสามารถดีเพียงไร เมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อน ๆ ที่เรียนด้วยกัน

กล่าวโดยสรุป แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความรู้ ความสามารถ และสมรรถภาพทางสมองต่าง ๆ หลังจากการจัดการเรียนรู้

ประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการและนักการศึกษาได้แบ่งประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2540, หน้า 141) ได้จำแนกประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 2 ประเภท คือ

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามจุดมุ่งหมายการประเมิน ได้แก่ แบบทดสอบอิงเกณฑ์ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นโดยไม่เกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้เรียน และแบบทดสอบอิงกลุ่ม เป็นการประเมินที่ขึ้นกับเกณฑ์สัมพันธ์หรือเกณฑ์ที่ได้จากพฤติกรรมของกลุ่ม

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามลักษณะการสร้าง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์มาเป็นอย่างดี และแบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน

พิชิต ฤทธิ์จำรูญ (2545, หน้า 96) ได้แบ่งประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ผู้สอนได้สอน เป็นแบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้นใช้กันทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil test) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective or essay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ (Objective test or short answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ (Restricted response type) ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบ ถูก-ผิด

แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน กล่าวคือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ วิธีการให้คะแนนและการแปรความหมายของคะแนน

จากประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้จำแนก แต่หากพิจารณาถึงรูปแบบการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถแบ่งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกได้เป็น 2 แบบ คือ 1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้นใช้เอง 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาตรฐานที่ผู้เชี่ยวชาญสร้างขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยสร้างขึ้น

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน จะสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นบรรลุเป้าหายมากน้อยเพียงใด โดยก่อนที่ผู้สอนจะสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นจำเป็นจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการประเมินเสียก่อน ซึ่ง Bloom (1956, p. 201) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนของความรู้ใช้ในการเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ความคิดไว้ 6 ขั้น ดังนี้

1. ความรู้ความจำ หมายถึง การระลึกหรือท่องจำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยตรงในขั้นนี้ รวมถึงการระลึกข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ไปจนถึงกฎเกณฑ์ ทฤษฎีจากตำรา ดังนั้น ขั้นตอนความรู้ความจำจึงจัดไว้ว่าเป็นขั้นต่ำสุด

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถที่จะจับใจความสำคัญของเนื้อหาที่ได้เรียนหรืออาจแปลความจากตัวเลข การสรุป การย่อความต่าง ๆ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าเป็นขั้นที่สูงกว่าการท่องจำตามปกติอีกขั้นหนึ่ง

3. การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ดังนั้น ในขั้นนี้จึงรวมถึงความสามารถในการเอากฎ มโนทัศน์ หลักสำคัญ วิธีการนำไปใช้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่า ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดีเสียก่อนจึงจะนำความรู้ไปใช้ ดังนั้นจึงจัดอันดับให้สูงกว่าความเข้าใจ

4. การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามรถที่จะแยกแยะเนื้อหาวิชา ลงไปเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ เหล่านั้น เพื่อที่จะได้มองเห็นหรือเข้าใจความเกี่ยวโยงต่าง ๆ ในขั้นนี้จึงรวมถึงการแยกแยะ

หาส่วนประกอบย่อย ๆ หากความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ๆ เหล่านั้นตลอดจนหลักสำคัญต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าสูงกว่าการนำเอาไปใช้และต้องเข้าใจทั้งเนื้อหาและโครงสร้างของบทเรียน

5. การสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถที่จะนำเอาส่วนย่อย ๆ มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่ การสังเคราะห์จึงเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การแก้ปัญหาที่ยาก ๆ การเรียนรู้ระดับนี้เป็นการเน้นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ ในอันที่จะสร้างแนวคิดหรือแบบแผนใหม่ ๆ ขึ้นมา ดังนั้น การสังเคราะห์เป็นขั้นที่สูงกว่าการวิเคราะห์อีกขั้นหนึ่ง

6. การประเมินค่า หมายถึง ความสามารถที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคำพูด นวนิยาย บทกวี หรือรายงานการวิจัย การตัดสินใจดังกล่าวจะต้องวางแผนอยู่บนเกณฑ์ที่แน่นอน เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะเป็นสิ่งที่นักเรียนคิดขึ้นมาเอง หรือนำมาจากที่อื่นก็ได้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าเป็นการเรียนรู้ขั้นสูงสุดของความรู้ความจำ

จากปี ค.ศ. 1956 ที่ บลูม ได้เสนอจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ด้านการพัฒนาทางสติปัญญา (Cognitive domain) โดยบลูมได้แบ่งการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา ออกเป็น 6 ขั้น จากขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นที่ซับซ้อนดังนี้ คือ 1) ขั้นความรู้ (Knowledge) 2) ขั้นความเข้าใจ (Comprehensive) 3) ขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Application) 4) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) 5) ขั้นการสังเคราะห์ (Synthesis) 6) ขั้นการประเมินค่า (Evaluation)

จุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูมได้รับการยอมรับจากนักวิชาการทางด้านการศึกษาและนิยมนาเอาจุดมุ่งหมายทาการศึกษาของบลูมดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบการเรียนการสอน การวางแผนการสอน รวมไปจนถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า การแบ่งสติปัญญาของบลูมที่เรียงจากขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นที่ซับซ้อนเป็น 6 ขั้นนั้น ในขั้นที่ 1-3 คือ 1) ขั้นความจำ 2) ขั้นความเข้าใจ และ3) ขั้นการนำไปใช้ไม่ค่อยพบปัญหา แต่ในระดับสูงขึ้นจากขั้น 3 ไป ถึงขั้นที่ 6 จะพบว่าในบางวิชา ไม่ได้เรียงลำดับของการใช้สติปัญญาตามแบบที่บลูมได้กำหนดไว้ ดังเช่น สายวิทยาศาสตร์ การเรียงลำดับความรู้อาจจะสับกัน ดังเช่น การสังเคราะห์ตามการแบ่งของบลูมอยู่ในขั้นที่ 5 แต่ในวิทยาศาสตร์พบว่าการสังเคราะห์นั้นเป็นการคิดในขั้นที่ 2 ต่อจากความจำ และในบางเรื่องเช่น วิชาคณิตศาสตร์ การใช้สติปัญญาในขั้นการประเมินค่าก็เป็นขั้นที่ไม่พบในการคิด

จากปัญหาที่เกิดขึ้น ส่งผลให้แอนเดอร์สัน (Anderson) ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของบลูม ได้ศึกษาร่วมกับ ครัทวอล (Krathwohl) ในช่วงปี ค.ศ. 1995-2000 ในเรื่องจุดมุ่งหมาย

ทางการศึกษาในด้านการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และในปี 2001 ทั้งสองคนได้เสนอจุดมุ่งหมายทางการศึกษาฉบับใหม่ที่ปรับปรุงจากจุดมุ่งหมายการศึกษาของบลูม ฉบับปี 1965 โดยได้นำเสนอการจัดแบ่งใหม่ออก 6 ขั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Anderson & Krathwohl, 2001)

1. ขั้นการจำ (Remembering) คือ การเรียกข้อมูลกลับคืนมา (Retrieving) การจำได้ถึงความรู้ (recognizing) และการสามารถนาเอาความรู้ที่จำได้นั้นออกมาใช้ได้ด้วยตนเอง (recalling) โดยในขั้นนี้เป็นขั้นความจำ ที่ผู้เรียนสามารถจำความรู้ เก็บความรู้ และสามารถนำเอาความรู้ที่ได้จำไว้ นากลับมาใช้ใหม่ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานและมีความสัมพันธ์กับเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประเด็น หัวข้อ เรื่องที่ต้องใช้ความรู้จากการจำนั้นมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ในขั้นความจำประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ทีเรียงจากการใช้กระบวนการคิดที่ซับซ้อนน้อยที่สุดไปมากที่สุด

2. ขั้นการเข้าใจ (Understanding) คือ การสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructing) ผ่านการพูด การเขียน การใช้ภาพสัญลักษณ์ (Graphic messages) ด้วยการตีความ (Interpreting) การทดสอบ (Exemplifying) การจัดหมวดหมู่ (Classifying) การสรุป (Summarizing) การสรุปอ้างถึง(Inferring) การเปรียบเทียบ (Comparing) และการอธิบาย (Explaining)

3. ขั้นการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Applying) คือ การนำเอาความรู้เดิมไปใช้ผ่านกระบวนการคิด เมื่อประสบกับปัญหา สามารถนำเอาความรู้เดิมไปใช้ในการบริหารจัดการในสถานการณ์ใหม่ (Executing) หรือ เอาความรู้เดิมนั้นไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ให้เกิดผล (Implementing) ในขั้นการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยที่เรียงจากการใช้กระบวนการคิดที่ซับซ้อนน้อยที่สุดไปมากที่สุด

4. ขั้นการวิเคราะห์ (Analyzing) คือ การแยกย่อยสิ่งที่ต้องศึกษาออกเป็นส่วน.ๆ และทำการศึกษาถึงองค์ประกอบของส่วนย่อย ๆ และทำการศึกษาตัดสินใจว่าในแต่ละส่วนนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ในรูปแบบใด ตลอดจนศึกษาในแง่ภาพรวมของโครงสร้างของสิ่งที่ศึกษา หรือ การศึกษาเพื่อการวิเคราะห์ถึงความเหมือนและความแตกต่าง (Differentiating) การศึกษาถึงรูปแบบของการจัดโครงสร้างรูปแบบ รูปแบบการบริหาร รูปแบบการดำเนินการ (Organize) และ วิเคราะห์ถึงคุณลักษณะ คุณสมบัติของสิ่งที่ศึกษา (Attribution)

5. ขั้นการประเมิน (Evaluating) คือ การตัดสินใจจากเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น (Criteria) หรือจากมาตรฐาน (Standard) ที่สร้างขึ้นไว้แล้ว ด้วยการตรวจสอบทั้งแบบ การสำรวจรายการหรือแบบอื่น ๆ (Checking) และการวิเคราะห์ (Critiquing)

6. ขั้นการสร้างสรรค์ (Creating) คือ การนำเอาองค์ความรู้ที่กล่าวไปแล้วนั้นมาบูรณาการใช้ร่วมกันทั้งในด้าน ความสอดคล้องของความรู้ (Coherent) สามารถนำเอาความรู้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Functional whole) สามารถนำเอาความรู้เดิมมาจัดระบบความคิดเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ (Reorganize) ทั้งในด้านแบบแผน (Pattern) หรือโครงสร้างของชุดความรู้ (Structure) ซึ่งผลของขั้นการสร้างสรรค์อาจอยู่ทั้งในรูปของ การได้มาซึ่งชุดความรู้ใหม่ (Generate) รูปแบบการวางแผนที่แตกต่างไปจากเดิม (Plan) หรืออาจเป็นผลผลิตใหม่ (Product)

ภานุเดช หงษาวงศ์ (2548, หน้า 240-245) ได้อธิบายถึง การประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธพิสัยสรุปได้ว่า เป็นการประเมินผลทางด้านสติปัญญาในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งปัจจุบันได้ยึดแนวทางการจำแนกพฤติกรรมทางด้านสติปัญญาของ Klopfer (1971) ซึ่งจำแนกพฤติกรรมทางด้านสติปัญญาออกเป็น 4 ระดับพฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม และการบรรยายลักษณะตามที่เคยเรียนมาแล้วอย่างตรงไปตรงมาได้ผู้เรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะสามารถให้คำจำกัดความและนิยามได้ ลักษณะข้อทดสอบวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำโดยทั่วไปจะมีลักษณะที่ทำให้ผู้เรียนระลึกถึงเรื่องราวหรือความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วอย่างตรงไปตรงมาในบทเรียนพฤติกรรมด้านนี้เป็นพฤติกรรมขั้นต่ำที่สุด ในการสอบไม่ควรออกข้อสอบวัดความรู้ความจำย่อย ๆ จนเกินไป ควรเลือกถามเรื่องที่สำคัญเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วในข้อสอบฉบับหนึ่ง ๆ ควรมีข้อสอบวัดความรู้ความจำประมาณร้อยละ 20 ของข้อสอบทั้งหมด

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความหมาย สร้างข้อสรุปและขยายความได้ ผู้เรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถเปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสินใจเลือก แสดงความคิดเป็น จัดลำดับ อ่านกราฟ อ่านแผนภูมิ แผนภาพ ได้ซึ่งพฤติกรรมความเข้าใจ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1 ความสามารถในการจำแนกระบุความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่

2.2 สามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์สืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด การประเมินผลพฤติกรรมด้านการสังเกตและการวัด

ของผู้เรียนไม่มีวิธีการใดที่จะใช้ได้ดีกว่าการสังเกตพฤติกรรมจากการแสดงออกในขณะที่ทำงานภาคปฏิบัติอยู่โดยใช้แบบบันทึกพฤติกรรมที่ผู้สอนสังเกตขณะปฏิบัติ การใช้ข้อทดสอบแบบข้อเขียนอาจทำได้เฉพาะพฤติกรรมการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมในการวัดและการเลือกใช้ประสาทสัมผัสที่เหมาะสมในการสังเกต โดยพิจารณาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เป็นพฤติกรรมที่ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยๆ ต่าง เช่น การมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีทดสอบที่เหมาะสมและการออกแบบกระบวนการทดลอง พฤติกรรมดังกล่าวอาจใช้ข้อทดสอบ ข้อเขียน วิธีเขียนตอบหรือใช้การสังเกตจากภาคปฏิบัติก็ได้

3.3 การตีความหมายของข้อมูลและการสรุป พฤติกรรมการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุปในหัวข้อนี้ ส่วนใหญ่การสร้างข้อสอบข้อเขียนจะเน้นการแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทั้งที่อยู่ในรูปของข้อความบรรยาย ตาราง กราฟ หรือแผนภาพต่าง ๆ

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ ซึ่งได้แก่ การนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน และการนำความรู้ไปแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีข้อสอบวัดพฤติกรรมการนำไปใช้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบบยกสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือปัญหาใหม่มาให้นักเรียนแก้ปัญหาซึ่งต้องใช้ความคิดหลายขั้นตอน

ในงานวิจัยนี้ใช้การวัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัยโดยยึดทฤษฎีของ Bloom (1956) เป็นหลัก ซึ่งมี 6 ระดับ คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการจัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งจะทำให้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพเพียงพอที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning)

ความหมายของการให้เหตุผล

การพัฒนาความสามารถและรูปแบบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคปัจจุบันที่มีความหลากหลายของการเผชิญหน้าทางสังคม โดยปัญหาทางสังคมและผลกระทบทางวิทยาศาสตร์จะส่งผลโดยตรงต่อมนุษย์ ด้วยเหตุนี้ผู้คนต้องมีการเตรียมความพร้อมให้ทุกคนต้องเป็นนักคิดอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถประเมินข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาเพื่อใช้แก้ปัญหาได้ (Zimmermam, 2005, p. 3) แนวความคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มีดังต่อไปนี้

การให้เหตุผล หมายถึง กระบวนการของการประเมินผลและการสร้างตรรกะเกี่ยวกับข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (Anderson, 1990, p. 290)

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การให้เหตุผลปฏิเสธสมมติฐาน (Lawson, 1985, p. 571)

ฟรีดเดอร์ และคณะ (Friedler et al., 1990, p. 173) อธิบายว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่บุคคลใช้บ่งชี้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดปัญหา ออกแบบการทดลอง สังเกตรวบรวม วิเคราะห์และตีความข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ และนำไปใช้เพื่อทำนายเมื่อพบสถานการณ์อื่นต่อไป

อารยา (Araya. 2008, p. 7) เขียนถึง การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานสนับสนุน ว่าทำไมต้องตอบอย่างนั้น และอธิบายว่าทักษะการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning skill) เป็นทักษะที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใด ๆ ขึ้นอยู่กับการตั้งสมมติฐาน รูปแบบการคิด ความสัมพันธ์ที่เป็นไปของปัจจัยเชิงสหสัมพันธ์ และสามารถตรวจสอบถึงผลที่เกิดขึ้นจริง

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542, หน้า 71) ได้อธิบายเกี่ยวกับความหมายของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลองมาโดยตลอด การคิดหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบโดยมีการแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานสนับสนุนเหตุการณ์ สถานการณ์ หรือทำนายผลเพื่อลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือแสดงรายละเอียดหรือยกตัวอย่างบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความชัดเจนในสิ่งนั้น ๆ การวิเคราะห์ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบตามข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เพื่อแยกแยะเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้เห็นถึงองค์ประกอบต่าง ๆ และการลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งเป็นการประมวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์

ประเภทของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

เอลลิส และฮั้นต์ (Ellis & Hunt. 1989, pp. 239-243) กล่าวว่าการให้เหตุผลมีอยู่ 2 ชนิด คือ การให้เหตุแบบนิรนัย (Deductive) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive) โดยการให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการอ้างข้อสรุปเกี่ยวกับการเข้าถึงโดยทั่วไป สมมติฐานที่เป็นที่ รู้จักกันไปสู่ความจำเพาะของความรู้ ส่วนการให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นการอ้างข้อสรุปเกี่ยวกับการวาดภาพตามพื้นฐานของประสบการณ์ที่ผ่านมา แล้วจึงสรุปเป็นหลักการทั่วไป

ลอว์สัน (Lawson, 1995, pp. 436-445) ได้จำแนกประเภทของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 แบบดังนี้

1. การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการรับรู้หรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติการคงตัวขอวัตถุหรือสสารว่าปริมาณหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารจะคงที่ แม้ว่าวัตถุหรือสสารจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารนั้น

2. การให้เหตุผลในเชิงของสักส่วน เป็นความสามารถของผู้เรียนที่ใช้ในการพิจารณาและตีความหมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง ๆ โดยแสดงในรูปของตัวแปรที่สังเกตได้ หรือตัวแปรเชิงทฤษฎี

3. การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ เป็นความสามารถของผู้เรียนที่ใช้ในการพิจารณาโอกาสที่เป็นไปได้ของการเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ

4. การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร ได้ เป็นความสามารถของผู้เรียนที่ใช้ในการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดในการทดสอบสมมติฐานและออกแบบการทดลองเพื่อวางแผนควบคุมตัวแปรตัวอื่น ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ยกเว้นตัวแปรตัวเดียวที่ต้องการศึกษา

5. การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม เป็นความสามารถของผู้เรียนที่ใช้เพื่อพิจารณาอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขของการทดลองหรือเงื่อนไขเชิงทฤษฎี

6. การให้เหตุผลในเชิงความสัมพันธ์ เป็นความสามารถของผู้เรียนที่ใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในเหตุการณ์ที่กำลังศึกษา

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542, หน้า 71) ได้จำแนกประเภทของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สรุปไว้ว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ อาจแบ่งได้ 3 แบบ ตามลักษณะของความรู้ที่ปรากฏและลักษณะของความรู้ใหม่ที่มนุษย์ต้องการศึกษา ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไป สู่เรื่องที่จำเพาะเจาะจง หรือความรู้เฉพาะหน่วย โดยใช้หลักการทางตรรกะ นั่นคือการใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ อธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วยคำอธิบาย หรือข้อสรุปที่ได้รับคือความรู้ใหม่

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือ การสรุปอ้างอิงเหตุการณ์เฉพาะหน่วย เพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่กลับกันกับการให้เหตุแบบนิรนัย

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย (Inductive- Deductive method) หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นกระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุป ที่เริ่มจากการสังเกตแล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นคือ การคิดหรือให้เหตุผลเชิงอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูล เพิ่มเติมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ นั่นก็คือถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไป ไปสู่เรื่องเฉพาะ ตัวสมมติฐานคือหลักการทั่วไปที่จะต้องทดสอบว่าจริงหรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อทดสอบสมมติฐานคือ ข้อสรุปเฉพาะหน่วย นั่นก็คือการให้แบบนิรนัย

ซันเดอร์และทรอว์บริดจ์ (Sund & Trowbridge, 1973) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหาและศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยมีลำดับขั้นตอนอันประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การรวบรวมข้อมูลจากการทดลองและการสรุปผลการทดลอง

ซึ่งการสรุปผลการทดลองจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะต้องใช้เหตุผลร่วมกันทั้ง 2 แบบคือ 1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย ซึ่งเป็นการให้เหตุผล โดยใช้หลักการทั่ว ๆ ไปอธิบายเหตุการณ์ย่อย ๆ เฉพาะหน่วยในการทดลอง และ 2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งเป็นการให้เหตุผลโดยกล่าวสรุปรวม จากการณ์สังเกตเหตุการณ์ย่อย ๆ ในการทดลอง แล้วสรุปเป็นหลักการทำให้มีการเรียกการให้เหตุผลในกระบวนการณ์ทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวว่า เป็นการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

แนวทางการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย

การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยนั้นอาศัยหลักใหญ่ ๆ 2 ประการคือ ตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัว (The sixteen binary operations) และการใช้เหตุผลแบบตรรกบท (Syllogism) ซึ่งหลักแต่ละประการมีรายละเอียด ดังนี้

1. หลักเกี่ยวกับตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัว ซึ่งอินเฮลเดอร์และเพีย์เจต์ (Inhelder & Piaget,1959, pp. 103-104) ได้กล่าวถึงตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัวที่ใช้เป็นหลักการคิดให้เหตุผลแบบนิรนัยตัวปฏิบัติการคิดทั้ง 16 ตัวนี้ใช้เชื่อมประพจน์ 2 ประพจน์เข้าด้วยกัน ผลแห่งการเชื่อมประพจน์จะได้ประพจน์ใหม่ที่ถูกต้องตามหลักตรรกศาสตร์ ตัวปฏิบัติการคิดเหล่านี้ได้แก่

1.1 การเลือกโดยใช้เหตุผล (Disjunction) ใช้สันธาน "หรือ" เป็นตัวเชื่อม เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า p v q การเชื่อมประโยคเป็นไปในลักษณะที่ว่าถ้าประพจน์ใดประพจน์หนึ่งเป็นจริงหรือเป็นจริงทั้งสองประพจน์ การเชื่อมด้วยตัวปฏิบัติการเลือกโดยใช้เหตุผลก็จะเป็นจริง

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p \vee q = (\bar{p} . q) \vee (p . \bar{q}) \vee (p.q)$

เมื่อ p แทน ประพจน์ p เป็นจริง, $\bar{p}$ แทน ประพจน์ p เป็นเท็จ

q แทน ประพจน์ q เป็นจริง, $\bar{q}$ แทน ประพจน์ q เป็นเท็จ

1.2 รูปนิเสธของการเลือกโดยใช้เหตุผล (Negation of disjunction) รูปนิเสธของ (p v q) กล่าวคือ (p v q) เป็นเท็จเมื่อ p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim (p \vee q) = (\bar{p} . \bar{q})$

1.3 การรวมโดยใช้เหตุผล (Conjunction) หมายถึง p เป็นจริง และ q เป็นจริง มีความหมายตรงกับคำว่า "และ"

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p . q

1.4 รูปนิเสธของการรวมโดยใช้เหตุผล (Negation of conjunction) หมายถึง (p . q) ไม่เป็นจริงแสดงว่า p หรือ q เป็นเท็จ หรือเป็นเท็จทั้งสองประพจน์

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~ (p . q) = (p . $\bar{q}$) v ($\bar{p}$. q) v ($\bar{p}$. $\bar{q}$)

1.5 การเป็นเหตุเป็นผลหรือตัวเงื่อนไข (Implication) ใช้สันธาน "ถ้า ... แล้ว ... " เป็นตัวเชื่อมประพจน์ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า (p ∋ q) หมายความว่า ถ้าประพจน์หนึ่งเป็นจริง แล้วจะทำให้อีกประพจน์เป็นจริงด้วย

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (p ∋ q) = (p . q) v ($\bar{p}$. q) v ($\bar{p}$. $\bar{q}$)

1.6 รูปนิเสธของตัวเงื่อนไข (Negation of implication) เป็นการบอกว่า เงื่อนไขเป็นเท็จ หมายความว่า p เป็นจริง แต่ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~ (p ∋ q) = (p . $\bar{q}$)

1.7 รูปกลับของตัวเงื่อนไข (Converse implication)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (p ∋ q) = (p . q) v (p . $\bar{q}$) v ($\bar{p}$. $\bar{q}$)

1.8 รูปนิเสธของรูปกลับของตัวเงื่อนไข (Negation of converse implication)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~ (p ∋ q) = ($\bar{p}$. q)

1.9 การเท่ากัน (Equivalence) ใช้สันธาน " ... ก็ต่อเมื่อ ..." เชื่อมประพจน์ หมายถึง p เป็นจริง และ q เป็นจริง หรือ p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (p = q) = (p . q) v ($\bar{p}$. $\bar{q}$)

1.10 รูปนิเสธของการเท่ากัน (Negation of equivalence)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~ (p = q) = (p . $\bar{q}$) v ($\bar{p}$. q)

1.11 รูปความสัมพันธ์โดยอิสระ p ต่อ q (Independence of p to q)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p [q] = (p . q) v (p . $\bar{q}$)

1.12 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ p ต่อ q (Negation of independence of p to q)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~ p [q] = ($\bar{p}$. q) v ($\bar{p}$. $\bar{q}$)

1.13 รูปความสัมพันธ์โดยอิสระ q ต่อ p (Independence of q to p)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ q [p] = (p . q) v ($\bar{p}$. q)

1.14 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ q ต่อ p (Negation of independence of q to p)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~ q [p] = (p . $\bar{q}$) v ($\bar{p}$. $\bar{q}$)

1.15 สัจนิรันดร์ (Tuatology)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p * q = (p . q) v (p . $\bar{q}$) v ($\bar{p}$. q) v

$(\bar{p} \cdot \bar{q})$

1.16 ความเท็จโดยรูปแบบ (Contradiction) หมายความว่า ไม่มีอะไรเลย (0) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~ (p * q) = 0

2. การใช้เหตุผลแบบตรรกบท (Syllogism) เป็นการคิดให้เหตุผลแบบนิรนัย ตามแนวคิดของอริสโตเติล (Aristotle) (Sund & Trowbridge, 1973, p. 136) ซึ่งการคิดให้เหตุผลแบบตรรกบทเป็นการคิดให้ เหตุผลจากประโยคอ้างไปยังข้อสรุปเป็นการอ้างเหตุผลที่มีโครงสร้างหรือแบบแผนตายตัวประกอบด้วยประโยคตรรกศาสตร์ 3 ประโยคโดยที่สองประโยคแรกเป็นประโยคอ้าง ส่วนประโยคที่สามเป็นข้อสรุปหรือสิ่งที่ต้องทดสอบ

การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย

การคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการคิดให้เหตุผลจากประโยคอ้างที่เป็นความจริงเฉพาะกรณีไปยังข้อสรุปซึ่งเป็นความจริงสากล ในการวัดการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยจะอาศัยหลักการสรุปรวบยอดและหลักการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยของมิลล์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การสรุปรวบยอดและหลักการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยของมิลล์เป็นความสามารถในการใช้เหตุการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดให้ซึ่งประกอบด้วยเหตุใหญ่และเหตุย่อยแล้วสรุปผลตามเหตุการณ์หรือข้อมูลนั้น ซึ่งจะต้องพิจารณาให้รอบคอบและสรุปอย่างสมเหตุสมผล

มิลล์ ได้รวบรวมวิธีการสรุปผลแบบอุปนัยไว้สำหรับตรวจสอบความสัมพันธ์ของกรณีวิธีการดังกล่าว เรียกว่า วิธีการอุปนัยของมิลล์ ซึ่งมี 4 วิธีคือ

1. วิธีหาความสอดคล้องกัน (Method of agreement) เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ โดยหาความสอดคล้องของประสบการณ์หลาย ๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการณ์หลายครั้งถ้ามีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งและเกิดผล อย่างเดียวกันทุกครั้ง ก็สรุปได้ว่าสาเหตุนั้นเป็นสาเหตุของผลนั้น เช่น ถ้าเราเคยถูกแม่ตีหลายครั้งและแต่ละครั้งที่ถูกตีรู้สึกเจ็บ เราก็สรุปได้ว่าการตีเป็นสาเหตุของความเจ็บ

2. วิธีหาความแตกต่าง (Method of difference) เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นแตกต่างออกไปจากเดิม โดยการหาความแตกต่างของประสบการณ์หลาย ๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการณ์หลายครั้งที่มีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งและมีผลอย่างเดียวกันทุกครั้งต่อมามีสาเหตุอื่นเข้าแทรกเพิ่มเข้ามาและเกิดผลแตกต่างออกไป ก็สรุปสาเหตุที่แทรกเพิ่มเข้ามานั้นเป็นสาเหตุของผลที่แตกต่างออกไป เช่นเคยถูกคุณแม่ตีหลายครั้งและเจ็บทุกครั้ง ครั้งหลังสุดรู้ตัวก่อนที่จะถูกตี จึงนุ่งกางเกงบุหนังข้างในจึงรู้สึกเจ็บและคัน ก็สรุปได้ว่าการนุ่งกางเกงบุหนังข้างใน

เป็นสาเหตุของอาการคัน

วิธีหาความสอดคล้องและความแตกต่างร่วมกัน (Method of agreement anddifference) ในการสำรวจส่วนมากมักต้องการทราบทั้งสาเหตุที่สอดคล้องและแตกต่างกันร่วมกันไป

3. วิธีหาส่วนที่เหลือ (Method of residues) เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เหลือที่เกิดขึ้นในประสบการณ์ใดประสบการณ์หนึ่งกล่าวคือ ในประสบการณ์เดียวกัน ถ้ามีหลายสาเหตุเกิดผลหลายอย่างร่วมกัน ถ้าทราบสาเหตุใดทำให้เกิดผลใดสามารถแยกสาเหตุนั้นออกไปได้ และสาเหตุที่เหลือก็จะเป็นสาเหตุของผลที่เหลือ

4. วิธีหาเหตุผลของสาเหตุต่างระดับ (Method of concomitant variation) เป็นวิธีการสรุปหาเหตุผลเมื่อระดับความเข้มข้นของสาเหตุแตกต่างไปจากเดิม กล่าวคือ ในการศึกษาสถานการณ์บางอย่างระดับหรือความเข้มข้นของสาเหตุเดียวกันทำให้เกิดผลที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการสรุปผลจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของระดับ หรือความเข้มข้นของสาเหตุด้วย เช่น ในการรับประทานยาแก้ปวดชนิดหนึ่งพบว่ารับประทาน 1 เม็ดไม่เกิดผลอันใดแต่รับประทาน 2 เม็ด ทำให้หายปวดศีรษะ และ รับประทาน 10 เม็ดทำให้ตาย เป็นต้น

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อข้อมูลไปใช้ในการจัดทำแบบทดสอบวัดการให้เหตุทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งจะทำให้แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพเพียงพอที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้และการใช้คำถามระดับสูง

งานวิจัยภายในประเทศ

สุธารพิงค์ โนนศรีชัย (2550) ได้ศึกษาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ผลการศึกษาพบว่า 1) ด้านการคิดวิเคราะห์วิชาชีววิทยามีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 76.19 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามีนักเรียนร้อยละ 80.95 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 75 คิดเป็น ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้และสูงกว่าก่อนเรียนอย่าง

มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 3) นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกระบวนการจัดการเรียนรูแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยภาพรวม เห็นด้วยอยู่ในระดับ "มาก" ($\bar{x}$ = 4.02)

รุจาภา ประถมวงษ์ (2551) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และนักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศรีบุญตาม โจมศรี (2553) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนมติ ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพบว่านักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไปจำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 80.95 และสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 2) มโนมติ เรื่อง พันธะเคมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ทำให้เกิดมโนมติ เรื่อง พันธะเคมี สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ดังปรากฏหลักฐานคือแผนผังมโนมติที่นักเรียนเขียนขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ 3) จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนมติ พบว่า นักเรียนทำงานอย่างเต็มความสามารถ รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น บันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริง เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยีและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม

กิตติพงษ์ หมอกมุงเมือง (2546) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสง ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการออกแบบการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า 1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการสอน

แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการออกแบบการทดลองหลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการออกแบบการทดลองมีทักษะภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับเกณฑ์ประเมินผลร้อยละ 88.06

จิราภรณ์ เป็งวงศ์ (2546) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผลการศึกษาพบว่า 1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 2) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จงกลรัตน์ อาจศัตรู (2544) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีส่วนนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับสูงส่วนนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง 3) นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พงศ์รัตน์ ธรรมชาติ (2545) ได้ศึกษาผลการสอนโดยการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้กับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท.ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนหลังได้รับการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนหลังได้รับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท.สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนหลังได้รับการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้สูงกว่าการสอนตามคู่มือครูของ สสวท.อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วาสนา วินิจกุล (2546) ได้ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านเนื้อหาและด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านเนื้อหาและด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนตามรูปแบบ สสวท.สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านเนื้อหาและด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบ สสวท.อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เรวัต ศุภมั่งมี (2542) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้มีความคิดเห็นต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับดี

อิสริยา สิริวิทยาวรรณ (2534) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เทปโทรทัศน์สร้างสถานการณ์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีด้านทฤษฎีและด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เทปโทรทัศน์สร้างสถานการณ์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เทปโทรทัศน์สร้างสถานการณ์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อินสน สมเกต (2533) ได้ศึกษาผลของการใช้คำถามระดับสูงที่มีสัดส่วนต่างกันต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยกลุ่มทดลองสอนโดยเน้น

การใช้คำถามระดับสูงกับคำถามระดับต่ำในสัดส่วนประมาณ 70 ต่อ 30 และกลุ่มควบคุมสอนโดยเน้นคำถามระดับต่ำกับคำถามระดับสูงในสัดส่วน 30 ต่อ 70 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปรุง อินทรมาตร์ (2541) ได้ศึกษาผลการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนจากการใช้คำถามระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85 ที่กำหนดไว้ทุกด้าน นักเรียนที่เรียนระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการวิเคราะห์ต่ำกว่าร้อยละ 85 ที่กำหนดไว้ ส่วนด้านอื่นๆ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85 ส่วนนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85 นอกจากนี้ นักเรียนที่มีระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรุณรัตน์ พ่วงทิพากร (2532) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้คำถามระดับต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกลุ่มที่ 1 สอนโดยใช้คำถามระดับต่ำ กลุ่มที่ 2 สอนโดยใช้คำถามระดับสูงและระดับต่ำ ผลการวิจัยพบว่า การสอนโดยใช้คำถามระดับต่ำและระดับสูงสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มากกว่าการสอนโดยใช้คำถามระดับต่ำเพียงอย่างเดียว

เบญจมาศ ฉิมมาลี (2550) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของฟรายวิลลิกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของฟรายวิลลิก มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด สูงกว่าร้อยละ 50 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของฟรายวิลลิก มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของฟรายวิลลิก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัมพร ม้าคะนอง (2551) ได้ศึกษาการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูง ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ตอบแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ในระดับถูกต้องอย่างสมบูรณ์และถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์ หลังเรียนจากการใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูง มีจำนวนมากกว่าก่อนเรียน 2) นักเรียนที่ตอบแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังจากการใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และการใช้คำถามระดับสูง ได้อย่างสมบูรณ์ และถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์กว่าก่อนเรียน มีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุกสาระคณิตศาสตร์ 3) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหลังจากการใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกสาระคณิตศาสตร์

กิตติชัย สุธาสิโนบล (2541) ได้ศึกษาผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งในภาพรวมและรายย่อย และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งในภาพรวมและรายย่อย

งานวิจัยต่างประเทศ

เฮดเจเพท (Hedgepeth, 1996) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้กับการสอนแบบปกติของนักเรียนเกรด 8 ใน West Alabama ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติ

ไคลเดียนส์ (Klindienst, 1993) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ต่อโครงสร้างความรู้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์กลุ่มตัวอย่างจำนวน 238 คน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัด

การเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติ

ซอนเดอร์ และ เชพพาร์ดสัน (Saunders & Shepardson, 1987) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้กับการสอนตามแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติและยังพบว่านักเรียนชายมีพัฒนาการที่ดีกว่านักเรียนหญิง

เบิร์นด (Berndt, 1994) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ต่อผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาและด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในเมือง Ramdolph, West Verginia กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 154 คนผลการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และปฏิสัมพันธ์ของครูกับนักเรียน

จอร์จ และฮานส์ (George & Hans, 1970) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบแผนในการจัดระดับคำถามที่ใช้วัดระดับการสอนแบบสืบสอบของครู และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์โดยการอภิปราย ในห้องเรียน 3 แบบแต่ละแบบใช้คำถามต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า การใช้คำถามระดับต่างกัน มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแตกต่างกันหากครูใช้คำถามระดับสูงเป็นสัดส่วนที่สูง มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นด้วย

เลสเลย์ (Lesley, 1972) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คำถามในห้องเรียนที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 70 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 30 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 30 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 70 ส่วนนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 30 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ไรด์อัน (Ryan,1973) ได้ศึกษาความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 104 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูง กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนโดยใช้คำถามเฉพาะด้านความจำโดยกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ได้รับการสอน

แบบสืบเสาะหาความรู้ ส่วนกลุ่มที่ 3 ไม่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญและนักเรียนกลุ่มที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับสูงสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 นอกจากนี้ นักเรียนกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับสูงไม่แตกต่างกัน

อาการ์ด (Agard, 1977) ได้ศึกษาผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนเกรด 11 โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยครูให้ข้อมูล กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้คำถามแบบสืบสวนสอบสวนระดับสูง กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้คำถามแบบสืบสวนระดับต่ำ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่สอนโดยใช้คำถามระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่สอนโดยใช้คำถามระดับต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่สอนโดยครูให้ข้อมูลซึ่งไม่มีการใช้คำถามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้และการใช้คำถามระดับสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่าการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้และการใช้คำถามระดับสูงสามารถพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ พฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียน และปฏิสัมพันธ์ของครูกับนักเรียน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 รวม 9 ห้องเรียน จำนวน 450 คน ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) จำนวน 100 คน และสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) อีกหนึ่งครั้งโดยวิธีการจับฉลากแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ดำเนินการทดลองตามรูปแบบการวิจัย Pretest-Posttest, Nonequivalent Control Group Design (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554, หน้า 58) ซึ่งมีการสุ่มประชากรมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการวิจัย แสดงรูปแบบการวิจัยดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ Pretest-Posttest, Nonequivalent Control Group Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
G_1	O_1	X_1	O_2
G_2	O_3	-	O_4

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนรูปแบบการวิจัย มีดังต่อไปนี้

G_1 แทน กลุ่มทดลอง

G_2 แทน กลุ่มควบคุม

O_1,O_3 แทน การทดสอบก่อนเรียน

X_1 แทน การจัดการเรียนรู้

O_2,O_4 แทน การทดสอบหลังเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแสวงหาความรู้อย่างเป็นระบบและใช้กระบวนการคิดที่มีเหตุผลประกอบกับการใช้คำถามระดับสูง จำนวน 7 แผน ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ มีการใช้คำถามระดับสูง 7 ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา มีการจัดแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเพื่อเข้าสู่กิจกรรมการสำรวจและค้นหา โดยมีการอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อให้ได้ข้อสรุปและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ร่วมกันภายในกลุ่ม

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป มีการนำเสนอผลการสำรวจและค้นหาของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการสำรวจและค้นหา

1.4 ขั้นขยายความรู้ ให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่โดยมีการใช้คำถามระดับสูง 7 ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า

1.5 ขั้นประเมินผล ครูประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งทดสอบเป็นรายบุคคล เพื่อเป็นการประเมินการเรียนรู้ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้างมากน้อยเพียงใดเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบย่อยเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

จากขั้นตอนการจัดกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 7 แผน จะมีการใช้คำถามระดับสูงร่วมในการจัดการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจ และขั้นขยายความรู้ซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีการใช้ประเภทของคำถามระดับสูงที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับเนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงการใช้คำถามระดับสูงในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

แผน	เรื่อง	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นขยายความรู้
1	การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	1) คำถามให้อธิบาย 2) คำถามให้วิเคราะห์ 3) คำถามให้เปรียบเทียบ	1) คำถามให้เปรียบเทียบ 2) คำถามให้วิเคราะห์

ตารางที่ 3-2(ต่อ)

แผน	เรื่อง	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นขยายความรู้
2	การเขียนสูตร การเรียนชื่อสารโคเวเลนต์ และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	1) คำถามให้เปรียบเทียบ 2) คำถามให้อธิบาย 3) คำถามให้วิเคราะห์	1) คำถามให้อธิบาย 2) คำถามให้ยกตัวอย่าง
3	ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	1) คำถามให้เปรียบเทียบ 2) คำถามให้เปรียบเทียบ 3) คำถามให้วิเคราะห์	1) คำถามให้วิเคราะห์ 2) คำถามให้อธิบาย
4	รูปร่างโมเลกุล	1) คำถามให้จำแนกประเภท 2) คำถามให้วิเคราะห์ 3) คำถามให้สังเคราะห์	1) คำถามให้เปรียบเทียบ 2) คำถามให้ยกตัวอย่าง
5	สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	1) คำถามให้จำแนกประเภท 2) คำถามให้เปรียบเทียบ 3) คำถามให้อธิบาย	1) คำถามให้วิเคราะห์ 2) คำถามให้ประเมินค่า
6	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	1) คำถามให้เปรียบเทียบ 2) คำถามให้วิเคราะห์ 3) คำถามให้ประเมินค่า	1) คำถามให้อธิบาย 2) คำถามให้ประเมินค่า
7	สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	1) คำถามให้สังเคราะห์ 2) คำถามให้สังเคราะห์ 3) คำถามให้ประเมินค่า	1) คำถามให้อธิบาย 2) คำถามให้ยกตัวอย่าง

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E จำนวน 7 แผน ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ มีการนำเข้าสู่บทเรียนหรือทบทวนความรู้เดิม

2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา มีการจัดแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเพื่อเข้าสู่กิจกรรมการสำรวจและค้นหาโดยมีการอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม

2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป มีการนำเสนอผลการสำรวจและค้นหาของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการสำรวจและค้นหา

2.4 ขั้นขยายความรู้ให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ ๆ

2.5 ขั้นประเมินผล ครูประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งทดสอบเป็นรายบุคคล เพื่อเป็นการประเมินการเรียนรู้ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้างมากน้อยเพียงใด เป็นการวัดและประเมินผลโดยใช้แบบทดสอบย่อยเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

จากขั้นตอนการจัดกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จะไม่มีการเน้นการใช้คำถามระดับสูงรวมในการจัดการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจ และขั้นขยายความรู้

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

เป็นเครื่องมือใช้ในการประเมินผลความรู้ ความสามารถด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูม 6 ด้าน คือ

3.1 ความรู้ความจำ คือ ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

3.2 ความเข้าใจ คือ ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความหมาย สร้างข้อสรุปและขยายความได้

3.3 การนำไปใช้ คือ ความสามารถที่จะนำความรู้ ประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ จึงจะสามารถนำไปใช้ได้

3.4 การวิเคราะห์ คือ ความสามารถที่จะแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยองค์ความรู้หรือประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มา

3.5 การสังเคราะห์ คือ ความสามารถในการที่ผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันอย่างมีระบบ เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์และดีกว่าเดิม อาจเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย การกำหนดวางแผนวิธีการดำเนินงานขึ้นใหม่ หรือ อาจจะเกิดความคิดในอันที่จะสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรมขึ้นมาในรูปแบบ หรือ แนวคิดใหม่

3.6 การประเมินค่า คือ เป็นความสามารถในการตัดสินหรือสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ออกมาในรูปของคุณธรรมอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นไปตามเนื้อหาสาระในเรื่องนั้น ๆ หรืออาจเป็นกฎเกณฑ์ที่สังคมยอมรับก็ได้

ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง

4. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการคิดเชื่อมโยงอย่างเป็นระบบโดยมีการแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานสนับสนุนเหตุการณ์ สถานการณ์ หรือทำนายผลเพื่อลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยแบ่งการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 ด้าน ดังนี้

4.1 การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์ คือ การแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือแสดงรายละเอียดหรือยกตัวอย่างบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความชัดเจนในสิ่งนั้น ๆ

4.2 การวิเคราะห์ คือ การเปรียบเทียบตามข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เพื่อแยกแยะเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้เห็นถึงองค์ประกอบต่างๆ

4.3 การลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล คือ การประมวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์

ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง

รูปแบบกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้	กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง	ลักษณะของกิจกรรม
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ผู้สอนสร้างความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น โดยอาจตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในกิจกรรม อาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือความสนใจของตัวผู้เรียนเอง ในเรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นเพื่อช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่อง หรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น	1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ผู้สอนจัดกิจกรรมของขั้นนี้ในลักษณะเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมที่ได้เรียนแล้วกับกิจกรรมที่จะเรียนต่อไป โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้มีการใช้ถามคำถามระดับสูง 7 ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน	- ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และจัดกิจกรรมที่หลากหลาย - เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม - ใช้กิจกรรมการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละชั่วโมง - มีการใช้คำถามระดับสูง
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์	2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) จัดแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มเพื่อเข้าสู่กิจกรรมการสำรวจและค้นหา โดยมีการอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อให้ได้ข้อสรุปและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ร่วมกันภายในกลุ่ม ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนสำรวจและค้นหาวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ โดยการสังเกต การลงมือปฏิบัติตั้งสมมติฐานและทดสอบ	- ผู้สอนเป็นพี่เลี้ยงในการชักนำให้ผู้เรียนเกิดการค้นหาคำตอบที่สงสัย - ให้ผู้เรียนได้สัมผัสและเรียนรู้กับวัสดุอุปกรณ์ และสื่อในการเรียนรู้ - จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือให้ผู้เรียนควรมีโอกาสในการปฏิสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

รูปแบบกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้	กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง	ลักษณะของกิจกรรม
ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป	ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือพี่เลี้ยง ผู้สอนอาจจะเป็นผู้เริ่มกิจกรรมและให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการสำรวจตรวจสอบ ในเรื่องที่จะเรียนรู้ อีกทั้งสังเกตและฟังเมื่อผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน ถามนำเพื่อให้ผู้เรียนสืบค้นเมื่อจำเป็น และให้คำปรึกษา	
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง หรือวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้	3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) มีการนำเสนอผลการสำรวจและค้นหาของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม รวมทั้งผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการสำรวจและค้นหา ผู้สอนควรกระตุ้นผู้เรียนให้อธิบายความคิดรวบยอด โดยใช้คำพูดของผู้เรียนเอง จุดประสงค์หลักของขั้นอธิบายนี้ก็คือการนำเสนอแนวคิด กระบวนการหรือทักษะ ที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย ชัดเจนและตรงไปตรงมา และเพื่อเชื่อมโยงกับกิจกรรมการเรียนขั้นต่อไป	- ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของผู้เรียนเอง - ให้ผู้เรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผล และอธิบายให้กระจ่าง
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลอง	4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่โดยมีการใช้ถามคำถามระดับสูง 7	- เน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ในสถานการณ์ใหม่

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

รูปแบบกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้	กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง	ลักษณะของกิจกรรม
หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มาก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น	ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า	- มีการใช้คำถามระดับสูง
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ผู้สอนควรประเมินความรู้หรือทักษะ การประยุกต์ความคิดรวบยอดและการเปลี่ยนแปลงทางความคิดของนักเรียน จากประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งหมดของผู้เรียน	5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งทดสอบเป็นรายบุคคลเพื่อ เป็นการประเมินการเรียนรู้ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง มากน้อยเพียงใดเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังโดยใช้แบบทดสอบย่อยเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน	- ผู้เรียนทำแบบทดสอบย่อยหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้น - เปิดให้ผู้เรียนได้มีโอกาสประเมินความเข้าใจของตนเองด้วย

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พุทธศักราช 2557 โรงเรียนชลราฎรอำรุง โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 10 สาระการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	1. สามารถอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสารโคเวเลนต์ได้	1
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2. สามารถอธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตต ความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว รวมทั้งอธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามและพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ได้ 3.สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้	1
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	3. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	4. สามารถยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	1

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	4. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	5. สามารถเขียนสูตรโมเลกุลและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	2
ใช้ความรู้เรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้	5. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	6. สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพันธะโคเวเลนต์ความยาวพันธะและพลังงานพันธะได้ 7.สามารถใช้พลังงานพันธะคำนวณหาพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้	2
อธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ได้	6. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	8. สามารถอธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้	1
ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเขียนแสดงด้วยโครงสร้างลิวอิสได้	7. รูปร่างของโมเลกุล	9. สามารถทำการทดลองและอธิบายรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ 10.สามารถทำนายรูปร่างของโมเลกุลเวเลนต์เมื่อทราบจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางได้	2
อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และของโมเลกุลได้	8. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	11. สามารถอธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	2

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ได้	9. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	12. สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารได้	1
บอกสมบัติที่แตกต่างกันของสารโคเวเลนต์ประเภทโมเลกุลไม่มีขั้ว โมเลกุลมีขั้ว และโครงผลึกร่างตาข่ายได้	10. สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	13. สามารถอธิบายเหตุผลที่ทำให้สารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างผลึกร่างตาข่ายมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าสารโคเวเลนต์ชนิดอื่นได้	1
รวม			14

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 7 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.4.1 สาระสำคัญ

1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1.4.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

4) ขั้นขยายความรู้

5) ขั้นประเมินผล

1.4.5 สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1.4.6 การวัดและประเมินผล

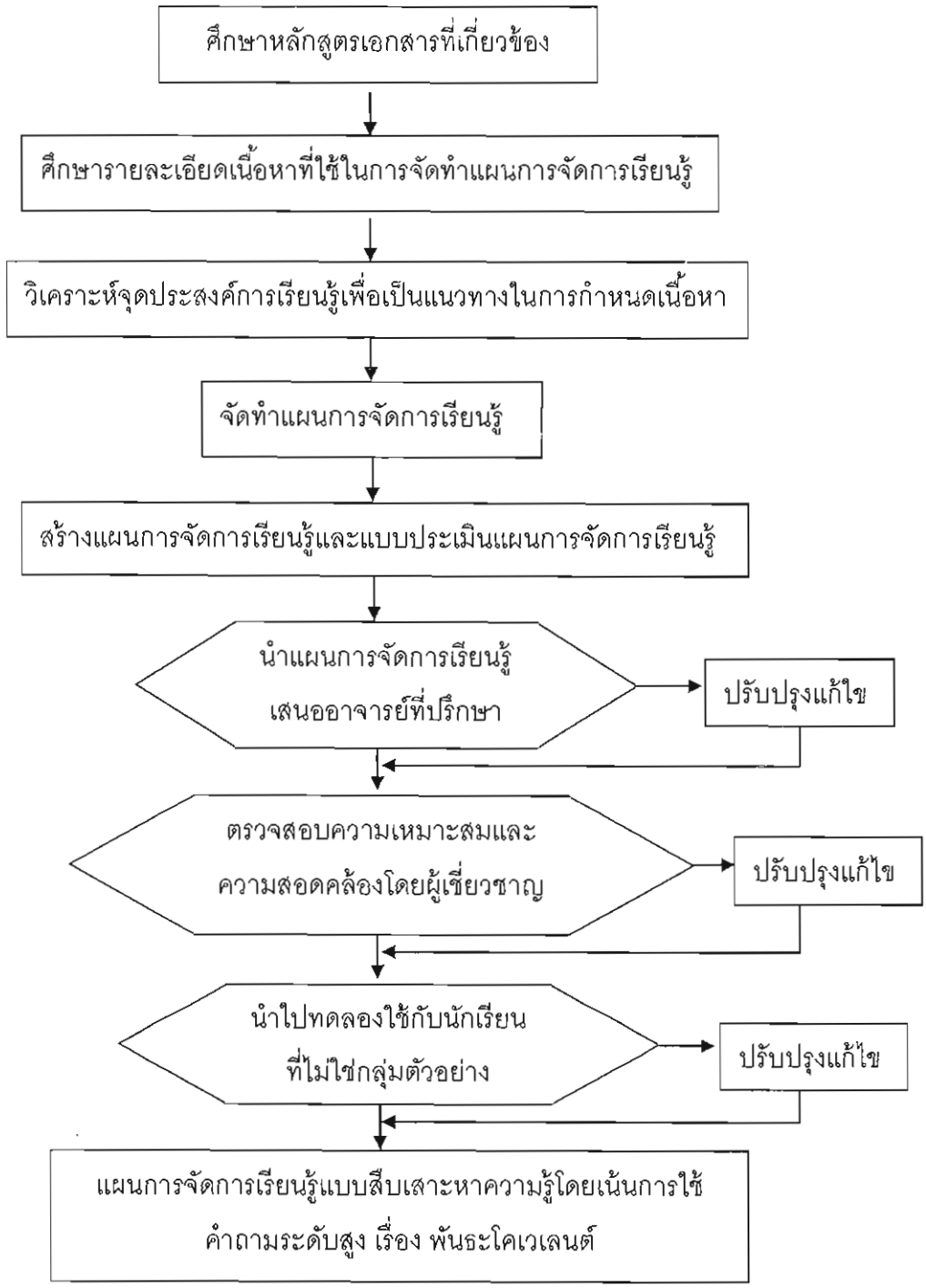
1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง และนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านบ่ระกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งได้ค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.20-5.00 ซึ่งถือว่ามีค่าความเหมาะสมมากที่สุด (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) และค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60-1.00

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนชลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทดลองและสังเกตการณ์โดยใช้เครื่องมือระหว่างการทดลองอย่างใกล้ชิด เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

2.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จากสถานศึกษาที่ทำการวิจัย และนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เพื่อกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังตารางที่ 3-5

2.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พุทธศักราช 2557 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 3 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 10 สาระการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-5 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบปกติ

รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ	ลักษณะของกิจกรรม
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ผู้สอนสร้างความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น และนำเสนอบทเรียนต่อชั้นเรียน	- ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ - เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม - ใช้กิจกรรมการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละชั่วโมง
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน สังเกตและฟังเมื่อผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน ถามนำเพื่อให้ผู้เรียนสืบค้นเมื่อจำเป็น และให้คำปรึกษา	- ผู้สอนเป็นพี่เลี้ยงในการชักนำให้ผู้เรียนเกิดการค้นหาคำตอบที่สงสัย - ให้ผู้เรียนได้สัมผัสและเรียนรู้กับวัสดุอุปกรณ์ และสื่อในการเรียนรู้
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ผู้สอนควรกระตุ้นผู้เรียนให้อธิบายความคิดรวบยอด โดยใช้คำพูดของผู้เรียนเองถามเพื่อให้ทราบถึงเหตุการณ์และการอธิบายความเข้าใจของผู้เรียน	- ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของผู้เรียนเอง - ให้ผู้เรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้ชัดเจน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่	-เน้นให้ผู้เรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาประยุกต์ใช้ในเหตุการณ์อื่นๆ
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ผู้สอนควรประเมินความรู้หรือทักษะการประยุกต์ความคิดรวบยอดและการเปลี่ยนแปลงทางความคิดของผู้เรียนจากประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งหมดของผู้เรียน	- ผู้เรียนทำแบบทดสอบย่อยหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้น - เปิดให้ผู้เรียนได้มีโอกาสประเมินความเข้าใจของตนเองด้วย

ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระที่ 3 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	1. สามารถอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสารโคเวเลนต์ได้	1
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2. สามารถอธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตต ความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว รวมทั้งอธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามและพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ได้ 3.สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้	1
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้	3. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	4. สามารถยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	1
เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	4. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	5. สามารถเขียนสูตรโมเลกุลและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	2
ใช้ความรู้เรื่องความยาวพันธะและ	5. ความยาวพันธะและพลังงาน	6. สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
พลังงานพันธะระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้	พันธะ	ความยาวพันธะและพลังงานพันธะได้ 7. สามารถใช้พลังงานพันธะคำนวณหาพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้	
อธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ได้	6. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	8. สามารถอธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้	1
ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเขียนแสดงด้วยโครงสร้างลิวอิสได้	7. รูปร่างของโมเลกุล	9. สามารถทำการทดลองและอธิบายรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ 10. สามารถทำนายรูปร่างของโมเลกุลเวเลนต์เมื่อทราบจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางได้	2
อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	8. สภาพขั้วของโมเลกุลกุลโคเวเลนต์	11. สามารถอธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	2
ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์	9. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	12. สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารได้	1

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ได้			
บอกสมบัติที่แตกต่างกันของสารโคเวเลนต์ประเภทโมเลกุลไม่มีขั้ว โมเลกุลมีขั้ว และโครงผลึกร่างตาข่ายได้	10. สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	13. สามารถอธิบายเหตุผลที่ทำให้สารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างผลึกร่างตาข่ายมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าสารโคเวเลนต์ชนิดอื่นได้	1
รวม			14

2.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 7 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

2.4.1 สาระสำคัญ

2.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.4.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

2.4.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ
2) ขั้นสำรวจและค้นหา
3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
4) ขั้นขยายความรู้
5) ขั้นประเมินผล

2.4.5 สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

2.4.6 การวัดและประเมินผล

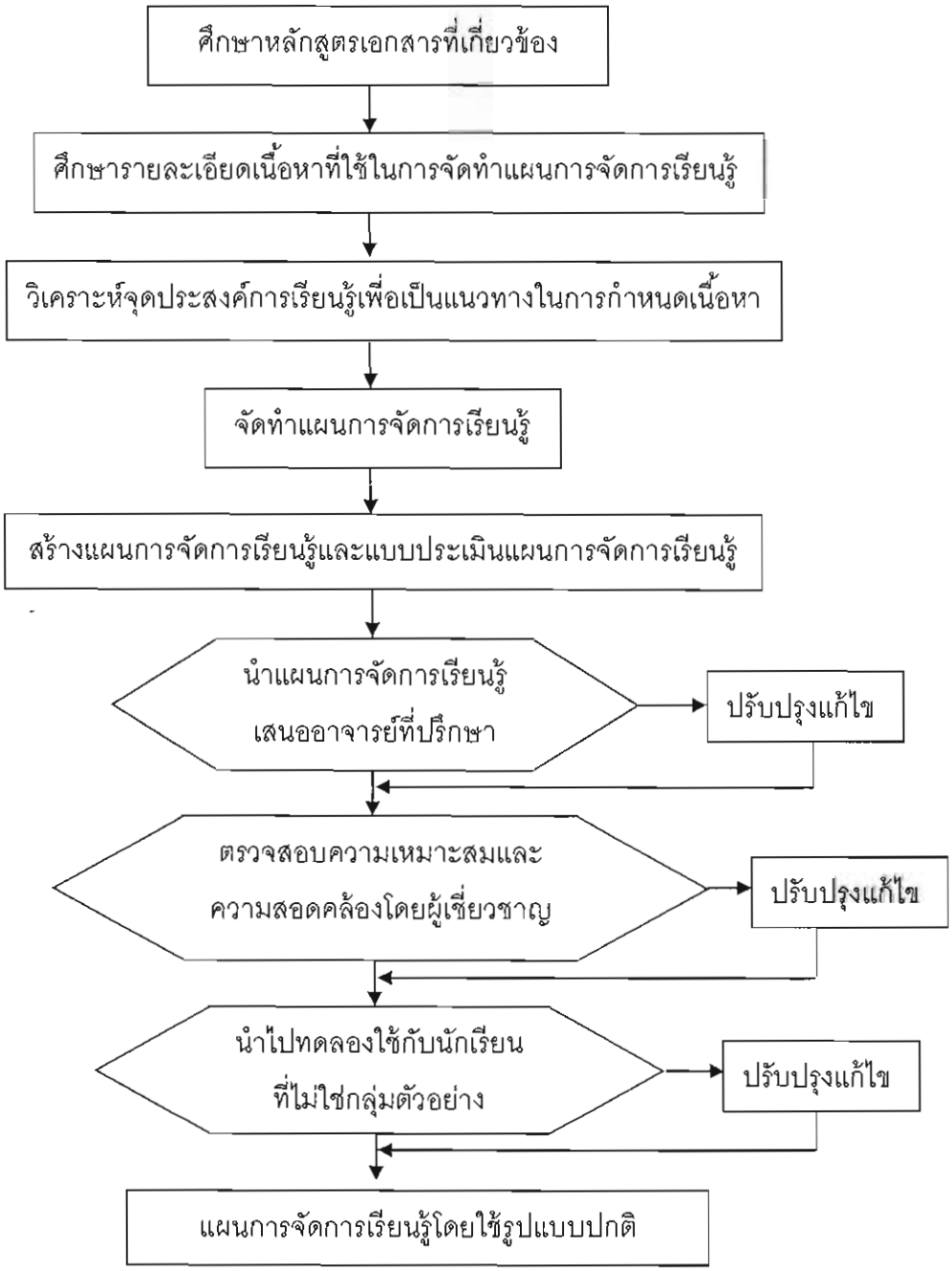
2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง และนำไปแก้ไขปรับปรุง

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งได้ค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.20-5.00 ซึ่งถือว่ามีค่าความเหมาะสมมากที่สุด (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) และค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80-1.00

2.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์

2.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนชลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทดลองและสังเกตการณ์โดยใช้เครื่องมือระหว่างการทดลองอย่างใกล้ชิด เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

2.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ซึ่งแบ่งพฤติกรรมด้านต่าง ๆ 6 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ดังตารางที่ 3-7

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 30 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบค่าความเหมาะสมและดัชนีความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

ตารางที่ 3-7 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	คะแนนเต็ม
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า		
1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	1. สามารถอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสารโคเวเลนต์ได้	2 (1)	2 (1)	-	-	-	-	4	2
2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2. สามารถอธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตต ความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว รวมทั้งอธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามและพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ได้ 3. สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้	-	4 (2)	2 (1)	-	-	-	6	3
3. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	4. สามารถยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	-	-	2 (1)	2 (1)	-	2 (1)	6	3
4. การเขียนสูตร	5. สามารถเขียนสูตรโมเลกุลและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	4	-	2	2	-	2	10	5

ตารางที่ 3-7 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	ต้องการจริง
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า		
และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์		(2)		(1)	(1)		(1)		
5. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	6. สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพันธะโคเวเลนต์ความยาวพันธะและพลังงานพันธะได้ 7. สามารถใช้พลังงานพันธะคำนวณหาพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้	2 (1)	2 (1)	-	2 (1)	-	2 (1)	8	4
6. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	8. สามารถอธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้	2 (1)	-	-	2 (1)	-	-	4	2
7. รูปร่างของโมเลกุล	9. สามารถทำการทดลองและอธิบายรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ 10. สามารถทำนายรูปร่างของโมเลกุลเวเลนต์เมื่อทราบจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางได้	4 (2)	2 (1)	-	-	2 (1)	2 (1)	10	5

ตารางที่ 3-7 (ต่อ)

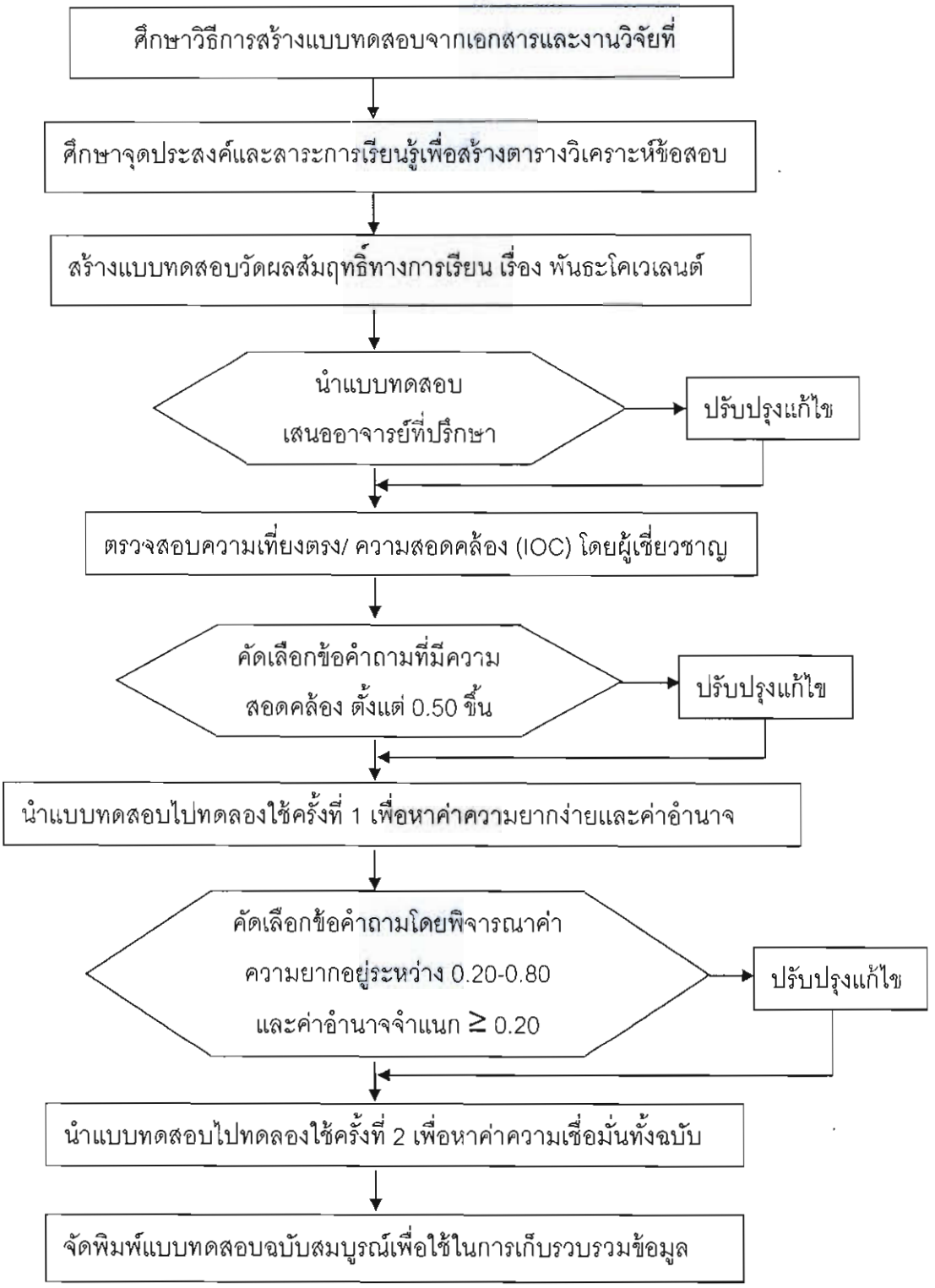
สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	ต้องการคะแนน
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า		
8. สภาพขั้วของโมเลกุลกุลโคเวเลนต์	11. สามารถอธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	-	2 (1)	-	2 (1)	-	-	4	2
9. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	12. สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารได้	-	-	2 (1)	-	-	2 (1)	4	2
10. สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	13. สามารถอธิบายเหตุผลที่ทำให้สารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างผลึกร่างตาข่ายมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าสารโคเวเลนต์ชนิดอื่นได้	-	2 (1)	-	-	2 (1)	-	4	2
	รวม	8 (4)	10 (5)	8 (4)	14 (7)	10 (5)	10 (5)	60	30

3.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จำนวน 80 คน ที่ผ่านการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มาแล้วที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (p) (สมนึก ภัททิยธนี, 2553, หน้า 203) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20-1.00 (สมนึก ภัททิยธนี, 2553, หน้า 229) จำนวน 30 ข้อ จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่ามีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.2-0.63 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) ตั้งแต่ 0.22-0.62 โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด

3.9 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์- ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76

3.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล



ภาพที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

4. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ดังตารางที่ 3-8

4.3 สร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ แบบปรนัย จำนวน 24 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 12 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

4.4 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบค่าความเหมาะสมและดัชนีความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

4.5 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8-1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

ตารางที่ 3-8 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	ร้อย	ต้องการจริง
1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	1. สามารถอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสารโคเวเลนต์ได้	การวิเคราะห์	2 (1)	2	1
2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2. สามารถอธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตต ความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรวมทั้งอธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามและพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ได้ 3. สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์	4 (2)	4	2
3. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	4. สามารถยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์	2 (1)	2	1
4. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	5. สามารถเขียนสูตรโมเลกุลและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้	การลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล	2 (1)	2	1
5. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	6. สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพันธะโคเวเลนต์ความยาวพันธะและพลังงานพันธะได้	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์	4 (2)	4	2

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	รวม	ต้องการจริง
	7. สามารถใช้พลังงานพันธะคำนวณหาพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้				
6. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	8. สามารถอธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์	2 (1)	2	1
7. รูปร่างของโมเลกุล	9. สามารถทำการทดลองและอธิบายรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ 10. สามารถทำนายรูปร่างของโมเลกุลเวเลนต์เมื่อทราบจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางได้	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์	2 (1)	2	1
8. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	11. สามารถอธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์	2 (1)	2	1
9. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	12. สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารได้	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์	2 (1)	2	1
10. สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่าง	13. สามารถอธิบายเหตุผลที่ทำให้สารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างผลึกร่างตาข่ายมีจุดหลอมเหลว	การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์	2 (1)	1	1

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

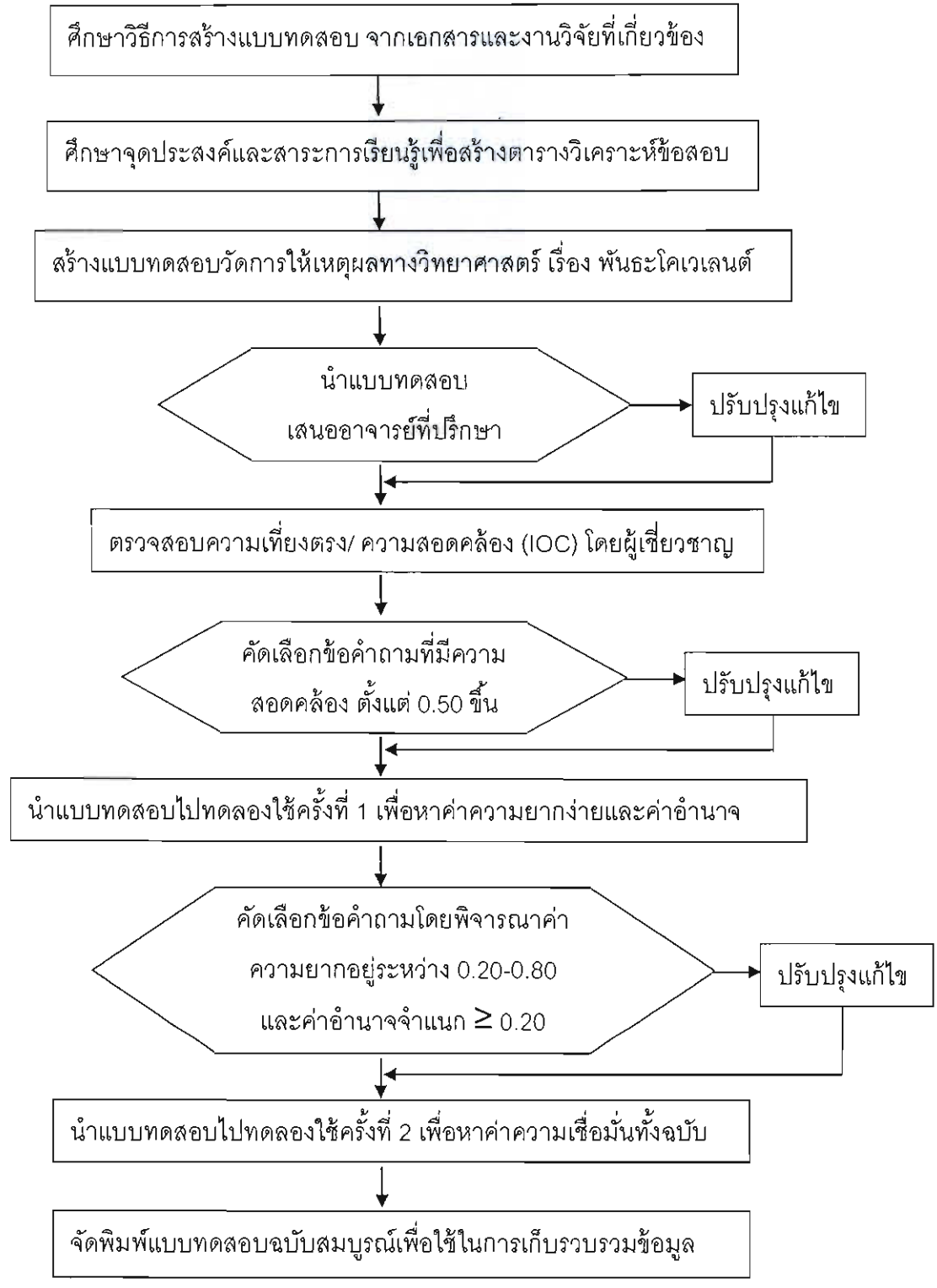
สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	รวม	ต้องการจริง
ตาข่าย	และจุดเดือดสูงกว่าสารโคเวเลนต์ชนิดอื่นได้				
รวม			24 (12)	24	12

4.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จำนวน 80 คน ที่ผ่านการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มาแล้วที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

4.8 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (p) (สมนึก ภัททิยธนี, 2553, หน้า 203) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20-1.00 (สมนึก ภัททิยธนี, 2553, หน้า 229) จำนวน 12 ข้อ จากการวิเคราะห์คุณภาพพบว่ามีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.42-0.65 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) ตั้งแต่ 0.25-0.52 โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด

4.9 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

4.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 12 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล



ภาพที่ 3-4 แสดงขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

2. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. ดำเนินการทดลองด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับกลุ่มทดลองและการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม

4. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบทดสอบฉบับเดิม

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540, หน้า 243)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงหลังเรียนกับก่อนเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540, หน้า 248)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540, หน้า 243)

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540, หน้า 248)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1. **สถิติพื้นฐาน**

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{x}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

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

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307) คือ

$$SD = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. **สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ**

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554, หน้า 102)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554, หน้า 113-118)

การหาค่าความยาก (p)

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

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

R แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูก

N แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

การหาค่าอำนาจจำแนก (r)

$$r = \frac{R_u}{N_u} - \frac{R_1}{N_1}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_u แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_1 แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_u แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

N_1 แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

2.3 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ -ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) คำนวณได้จากสูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554, หน้า 106)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบถูกได้คะแนน 1

q แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบผิดได้คะแนน 0

s^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรายบุคคล

ซึ่งค่าความแปรปรวนของคะแนนรายบุคคลหาได้จาก

$$s^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N}$$

เมื่อ x แทน คะแนนสอบของแต่ละรายบุคคล

$\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าสอบทั้งหมด

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบ

3. **สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน**

3.1 ใช้สถิติ t-test for independent samples เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และ 3 เนื่องจากคะแนนก่อนเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540, หน้า 243)

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{s_p^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \qquad \text{และ} \quad df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ s_p^2 แทน ความแปรปรวนร่วม (Pooled Variance)

$\overline{x_1}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ 1

$\overline{x_2}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ 2

n_1 แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ 1

n_2 แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ 2

ซึ่ง s_p^2 หาได้จาก

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

เมื่อ s_1^2 แทน ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

s_2^2 แทน ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

3.2 ใช้สถิติ t-test for dependent samples เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 และ 4 (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540, หน้า 248)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนและหลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนและหลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4
ผลการวิจัย

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกันดังนี้

n	แทน	จำนวนคนในกลุ่มทดลอง
$\bar{x}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ *t*
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำคะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มาทำการวิเคราะห์ โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน

3. ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงหลังเรียนกับก่อนเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละประเด็นแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	50	30	24.02	2.245			
					98	8.439*	.000
กลุ่มควบคุม	50	30	18.94	3.616			

* p<.05

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน

กลุ่มทดลอง	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	50	30	24.02	2.245			
					49	20.150*	.000
ก่อนเรียน	50	30	13.42	3.375			

* $p<.05$

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	50	12	10.02	1.363			
					98	6.650*	.000
กลุ่มควบคุม	50	12	7.72	2.031			

* $p<.05$

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง มีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. ผลการเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน

ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน

กลุ่มทดลอง	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	50	12	10.02	1.550			
					49	19.190*	.000
ก่อนเรียน	50	12	4.62	1.363			

* $p<.05$

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง มีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

บทที่ 5
สรุปผล และอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน 3) เปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 4) เปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน 100 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) และสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) อีกหนึ่งครั้งโดยวิธีการจับฉลากเป็น กลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 7 แผน ซึ่งมีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.20-5.00 และค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 7 แผน ซึ่งมีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.20-5.00 และค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.8-1.00 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.25-0.63 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.59 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76 และ 4) แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80-1.00

ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.40-0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.52 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 ดำเนินการทดลองตามรูปแบบการวิจัย Pretest-Posttest, Nonequivalent Control Group Design วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับก่อนเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

3. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

4. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยแบ่งประเด็นสำคัญในการนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง และ 2) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ 5 ขั้น คือ 1) การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยด้วยการใช้คำถามระดับสูง 7 ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน 2) การสำรวจและค้นหา (Exploration) มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ 3) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล 4) การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม และ 5) การประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ อีกทั้งยังมีการจัดประสบการณ์ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดและค้นคว้าด้วยตนเอง รู้จักการวางแผนในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในกลุ่มอย่างเป็นระบบ รวมไปถึงได้แสดงออกตามความสามารถของตนเอง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งก่อนการจัดการเรียนรู้ได้มีการทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนทั้งสองกลุ่มแล้วนำผลคะแนนมาวิเคราะห์พบว่าคะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการจัดการเรียนรู้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของวีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม (2553) ที่ได้เสนอไว้ว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้า

หาความรู้โดยผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเองแล้วสรุปออกมาเป็นหลักการหรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ และข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือการพัฒนาศักยภาพทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่ง ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 126) ได้เสนอไว้ว่า ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้ คือ ผู้เรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วยผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้นส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นด้วยและผู้เรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และยังมีการใช้คำถามระดับสูงซึ่งเป็นเทคนิคสำคัญในการเสาะแสวงหาความรู้ที่มีประสิทธิภาพ เป็นกลวิธีการสอนที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะการคิด การตีความ การไตร่ตรอง การถ่ายทอดความคิดอย่างมีเหตุผล สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการจัดกระบวนการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของกัญญา วีรยวรรธน (2536, หน้า 17) ซึ่งได้เสนอไว้ว่า การใช้คำถามเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจและพัฒนาความคิดใหม่ ๆ กระบวนการถามจะช่วยขยายทักษะการคิดอย่างมีเหตุผลและช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกทั้งช่วยทำให้เกิดความเข้าใจให้กระจ่างขึ้น ได้ข้อมูลป้อนกลับทั้งด้านการเรียนการสอนก่อให้เกิดการทบทวน การเชื่อมโยงระหว่างความคิดต่าง ๆ ส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็นและเกิดความท้าทาย สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ สุธารพิงค์ โนนศรีชัย (2550) ที่ได้ศึกษาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามีนักเรียนร้อยละ 80.95 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลงานวิจัยของ ศรีบุญตาม โจมศรี (2553) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนมติผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 80.95 และสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และ 4 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง โดยได้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้เท่านั้น และการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น และยังเกิดทักษะในการปฏิบัติกิจกรรมที่ผู้สอนจัดให้อีกด้วย นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้ยังมีการใช้คำถามระดับสูง 7 ประเภท ได้แก่ คำถามให้อธิบาย คำถามให้เปรียบเทียบ คำถามให้จำแนกประเภท คำถามให้ยกตัวอย่าง คำถามให้วิเคราะห์ คำถามให้สังเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่า รวมในการจัดการเรียนรู้ซึ่งคำถามระดับสูงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้และเป็นการกระตุ้นความคิดของผู้เรียน ถ้าผู้สอนมีความสามารถในการใช้คำถามที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ได้ดี โดยเฉพาะหลักสูตรมัธยมศึกษาฉบับปัจจุบัน มุ่งให้ผู้เรียนได้คิด ได้แก้ปัญหา ได้วิเคราะห์ ได้หาแนวทางเลือกปฏิบัติที่เหมาะสม ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องมีทักษะในการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพจึงจะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดและการให้เหตุผล ดังที่หลักสูตรมุ่งหวัง อีกทั้งคำถามระดับสูงยังเป็นคำถามที่ต้องการคำตอบมากกว่าการให้นักเรียนบอกข้อความจริง ความหมาย ความจำ และต้องการส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ความคิดในระดับสูงในการตอบคำถามและช่วยพัฒนานักเรียนในด้านของทักษะความคิดและการให้เหตุผล และจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง คำถามที่นักเรียนตอบได้อย่างสมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดคือ คำถามให้อธิบาย ตัวอย่างคำถาม เช่น เมื่ออะตอมของธาตุชนิดหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีส่วนน้อยของน้ำจำนวน 1 อะตอม รวมตัวเป็นโมเลกุลกับธาตุชนิดหนึ่งที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ โมเลกุลนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร นักเรียนส่วนมากตอบคำถามได้ตรงประเด็นมีแนวโน้มคำตอบดังนี้ อะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีส่วนน้อยของน้ำคือ ออกซิเจน (O) มารวมตัวเป็นโมเลกุลกับธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ ซึ่งธาตุนี้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 6 และอยู่ในคาบที่ 2 ของตารางธาตุนั่นคือ ออกซิเจน (O) ดังนั้นเมื่อเกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ได้สูตรโมเลกุลคือ O_2 โดยโมเลกุลนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานโดยในช่วงแรกอะตอมทั้งสองอยู่ห่างกัน

พลังงานศักย์จะสูงมาก แต่เมื่ออะตอมทั้งสองเริ่มเคลื่อนที่เข้าหากันพลังงานศักย์เริ่มลดลง จนกระทั่งนิวเคลียสของธาตุทั้งสองอยู่ห่างกันในระยะที่เหมาะสมและพอดีกันพลังงานศักย์จะลดลงต่ำที่สุด แต่เมื่อนิวเคลียสของธาตุทั้งสองเลื่อนเข้าใกล้กันมากเกินระยะที่สมควรระดับพลังศักย์จะเริ่มสูงขึ้น จะเห็นได้ว่าคำถามระดับสูงในลักษณะของคำถามให้อธิบายจะเป็นคำถามที่นักเรียนตอบได้ตรงประเด็นที่สุด โดยมีการอธิบายที่มาที่ไปของข้อมูลอย่างชัดเจนรวมถึงสามารถอธิบายเหตุทางวิทยาศาสตร์ประกอบการตอบได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังมีคำถามระดับสูงประเภทอื่น เช่น คำถามให้วิเคราะห์ และคำถามให้ประเมินค่าที่นักเรียนสามารถตอบโดยมีแนวโน้มของคำตอบค่อนข้างถูกต้องและอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ (Dewey, 1956) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้จะเกิดได้ดีต้องเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติ นอกจากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) แล้วยังมีการใช้คำถามระดับสูงร่วมในการจัดการเรียนรู้ ซึ่ง กัญญา วีรยวรรธน (2536, หน้า 17) ได้เสนอไว้ว่า การใช้คำถามเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และพัฒนาความคิดใหม่ ๆ กระบวนการถามจะช่วยขยายทักษะการคิดอย่างมีเหตุผลและช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อีกทั้งช่วยทำให้เกิดความเข้าใจให้กระจ่างขึ้น ได้ข้อมูลป้อนกลับทั้งด้านการเรียนการสอน ก่อให้เกิดการทบทวนการเชื่อมโยงระหว่างความคิดต่าง ๆ ส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็นและเกิดความท้าทาย รวมไปถึง พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 12) ได้เสนอไว้ว่าการใช้คำถามยังสามารถส่งเสริมให้ผู้ตอบใช้ความคิดนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ ทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์และเกิดทักษะในการคิดอย่างมีระบบ นอกจากนั้นยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น ตลอดจนกระตุ้นให้ได้ลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง ดังนั้นคำถามมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนเป็นการกระตุ้นความคิดของผู้เรียน ดังที่ จิราพร อัครสมพงศ์ (2536, หน้า 107) ได้กล่าวไว้ว่า ถ้าผู้สอนมีความสามารถในการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ได้ดี โดยเฉพาะหลักสูตรประถมศึกษาและมัธยมศึกษาฉบับปัจจุบัน มุ่งให้ผู้เรียนได้คิด ได้แก้ปัญหา ได้วิเคราะห์ ได้หาแนวทางเลือกปฏิบัติที่เหมาะสม ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องมีทักษะในการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพ จึงจะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดและการให้เหตุผล ดังที่หลักสูตรมุ่งหมายไว้ จากความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูงซึ่งจะช่วยส่งเสริมการคิดระดับสูงและสร้างความมีเหตุผลให้แก่ผู้เรียน ซึ่งหากใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่องจนผู้เรียนคุ้นเคยจะช่วยพัฒนาความคิดและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัย

ของ อินสน สมเกต (2533) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้คำถามระดับสูงที่มีสัดส่วนต่างกันต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จะเห็นได้ว่าการใช้คำถามร่วมในการจัดการเรียนรู้นั้นมีส่วนช่วยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและช่วยในการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน ซึ่งเป็นไปตามงานวิจัยของอรุณรัตน์ พ่วงทิพากร (2532) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้คำถามระดับต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้คำถามระดับสูงสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มากกว่าการสอนโดยใช้คำถามระดับต่ำเพียงอย่างเดียว

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการนำรูปแบบการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรปรับให้สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่น จำนวนนักเรียนต่อกลุ่ม การกำหนดบทบาทของนักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง ต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมาก ควรมีการปรับความยืดหยุ่นเวลาให้เหมาะสม

1.3 ควรเตรียมอุปกรณ์ เอกสารและจัดห้องเรียนให้พร้อมก่อนเพื่อจะได้ไม่เสียเวลาในการทำการเรียนการสอน

1.4 ควรมีการแจ้งผลการทดสอบท้ายแผนรวมทั้งแจ้งผลการทำใบกิจกรรมทุกครั้ง เพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับให้นักเรียนทราบผลการทำงานของตนเอง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจเรียนมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง โดยได้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง ทำการทดลอง

ด้วยตนเอง และการที่ผู้เรียนปฏิบัติและเรียนรู้ด้วยตนเองจะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น และยังเกิดทักษะในการคิดอย่างมีเหตุผลอีกด้วย ดังนั้นจึงสามารถขยายขอบข่ายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงในรายวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ เช่น ฟิสิกส์ ชีววิทยา เป็นต้น

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงควรมีการใช้คำถามระดับสูงในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ให้มากและหลากหลายกว่านี้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิด วิเคราะห์ อย่างมีเหตุผลและเพิ่มความท้าทายในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้ข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลตามหลักการวิทยาศาสตร์

2.3 ควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการสื่อสาร เป็นต้น เนื่องจากเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และสามารถนำสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวไปใช้ในวิชาอื่น และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของนักเรียน

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ:กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

กัญญา วีรยวรรธน. (2536). *การศึกษาสภาพปัญหา การเรียน การสอน และการทำวิทยานิพนธ์ สาขาการบริหารการศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษาของสถาบันอุดมศึกษาไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กัญญา วีรยวรรธน. (ม.ป.ป.). *เทคนิคการตั้งคำถาม*. เข้าถึงได้จาก http://www1.nsdv.go.th/innovation/questioning.htm

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2525). *หน่วยที่ 4 จิตวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ เอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กิตติชัย สุธาสิโนบล. (2541). *ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

กิตติพงษ์ หมอกมุงเมือง. (2546). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องแสงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการออกแบบการทดลอง*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณะอนุกรรมการการปฏิรูปการศึกษา. (2543). *การปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). *แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ : กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย.* ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิราพร อัครสมพงศ์. (2536). *การเปรียบเทียบความสอดคล้องของคะแนนแบบสอบความเรียงจากผู้ตรวจและวิธีการตรวจต่างกัน.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิราภรณ์ เป็งวงศ์. (2546). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จงกลรัตน์ อาจศัตรู. (2544). *การศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *เทคนิคการใช้คำถาม พัฒนาการคิด.* นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2554). *วิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.* กรุงเทพฯ: เอพริลพริ้นติ้ง.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษาทฤษฎีและการวิจัย.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ทิศนา แขมมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2554). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 14). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 16). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนายุต จันทราเขต. (2556, 22, พฤศจิกายน). ครูชำนาญการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง ชลบุรี. สัมภาษณ์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2537). *การพัฒนาชุดการเรียนการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เบญจมาศ ฉิมมาลี. (2550). *ผลการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของฟรายวิลลิกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรุง อินทรมาตร์. (2541). *ผลการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชามัธยมศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปานทอง กุลนาถศิริ. (2546). คำถามที่ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์. *วารสารคณิตศาสตร์ พฤษภาคม-กรกฎาคม*, *31*, 25-36.

ผดุงยศ ดวงมาลา. (2530). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิมพ์พร ไชยฤกษ์.(2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะ/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เกมคณิตศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมกลุ่มย่อย*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 1*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

พิมพันธิ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ออฟเดอร์มิสท์.

พงศ์รัตน์ ธรรมชาติ. (2545). *ผลการสอนโดยการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้กับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์.

ภาณุเดช หงษาวงศ์. (2548). *ตำรารายวิชาทักษะสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. เชียงใหม่: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2533). *เอกสารการสอนชุดวิชาการพัฒนาและการใช้แหล่งวิทยาการชุมชน หน่วยที่ 1-8.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2540). *การจัดระบบการศึกษา หน่วยที่ 7-10.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2549). *การวัดและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุจาภา ประถมวงษ์.(2551). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E).* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เรวัติ ศุภมั่งมี. (2542). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัญจวน คำวชิรพิทักษ์. (2538). *จิตวิทยาการสื่อสารในชั้นเรียน.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ลักขณา สริวัฒน์. (2557). *จิตวิทยาสำหรับครู.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วัลลภ คงนะ. (2555). *รายงานผลการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง การตรวจสอบแร่ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้* . นครปฐม: สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และพัฒนาคุณภาพเยาวชน (สสค.)

วารีรัตน์ แก้วอุไร. (2538). *เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักสูตรและการสอนเคมี.* พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วาสนา วินิจกุล. (2546). *การใช้วัฏจักรการเรียนรู้สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

วีณา ประชากูล และ ประสาท เนืองเฉลิม. (2553). *รูปแบบการเรียนการสอน*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วรรณทิพา รอดแรงคา. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีแบบทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรีบุญตาม โจมศรี. (2553). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องพันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนมติ*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2521). *การวัดผลประเมินผลเพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้และตัวอย่างข้อสอบจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)*. กรุงเทพฯ: เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2521). *ปรัชญากับการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

สราวดี เพ็งศรีโคตร. (2549). คำถามนั้นสำคัญไฉน. *วารสารวิทยาจารย์, 105*(5), 58-61.

สายัณห์ ผาน้อย. (2549). การสอนกระบวนการคิดโดยการตั้งคำถาม. *วารสารวงการครู, 3*(30), 108-110.

สุธารพิงค์ โนนศรีชัย. (2550). *การคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุภาพร อินบุญนะ. (2541). *มโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดนครศรีธรรมราช*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

สุวิทย์ หิรัญยกาณฑ์ และคณะ. (2540). *พจนานุกรมศัพท์ทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไอ.คิว.บุ๊ค เซนเตอร์.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

สุวิมล เชี้ยวแก้ว. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมหวัง พิริยานุวัฒน์. (2537). *การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนมัธยมศึกษา*. ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาการมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: บัณฑิตศึกษา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *เป้าหมายยุทธศาสตร์และตัวบ่งชี้การปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2 (พ.ศ. 2552-2561)*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

อรุณรัตน์ พ่วงทิพากร. (2532). *การศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้คำถามระดับต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาภาษาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล .

อัมพร ม้าคนอง. (2551). *การพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์โดยใช่โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูง*. รายงานการวิจัย คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อินสน สมเกต. (2533). *การพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูง*. (เอกสารอัดสำเนา)

อิสริยา สิริวิทยาวรรณ. (2534). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เทปโทรทัศน์สร้างสถานการณ์กับการสอนตามคู่มือครู*.วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Agard, S. (1977). Oral questioning by the teacher : Influence on student achievement in eeventh gade chemistry. *Dissertation Abstracts International*, 34, 2(August).

Anderson, L W, & Krathwohl D R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives.* New York: Longman.

Anderson, J.R. (1990). *Cognitive psychology and its limplication* (3rd ed.). San Francisco: W.H. Freemam and Company.

Araya Parachot. (2008). *The development of learning unit with corporate scientific explanation using fading scaffold technique to promote student reasoning skills*. Doctoral dissertation, Science Education, Srinakharinwirot University.

Berndt, J. A. (1994). The effects of the learning cycle in teaching natural resources science in the elementary school classroom. *Dissertation Abstracts International*, *25*(4).

Bloom, Benjamin A. (1956). *Taxonomy of education objective handbook I: Cognitive Domain*. New York: David Mc Kay.

Dewey, J. (1956). *The child and the curriculum and the school and society*. Chicago: Phoenix Books.

Ellis, H. C.; & Hunt, R.R. (1989). *Fundamentals of human memory and cognition* (4th ed.). Dubyqye, Iowa: Wm. C. Brown. Publishers.

Friedler, Y.,Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(2), 173-192.

George, T.L.,& Hans, O.A. (1970). Determining the level of inquiry in teacher's questions. *Dissertation Abstracts International, 31*(2).

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill.

Gronlund, N. E. (1993). *How to make achievement tests and assessments* (5th ed.). Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.

Hedgepeth, D. J. (1996). A comparison study of the learning cycle and a traditional instructional sequence in teaching an eighth-grade science topics. *Dissertation Abstracts International*, *29*(6).

Inhelder, B, & Piaget, J. 1958. *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basicbook.

George, B., & Wragg, E. C. (1993). *Question*. London: Butler & Tanner.

Klindienst, D. B. (1993). The effect of the learning cycle lesson dealing with electricity on the cognitive atructures, attitude toward science and achievementof urban middle school students. *Dissertation Abstracts International*, *31*(3).

Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in Science. *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill Book.

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, *22*(7), 569-617.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching* and *developing of thinking*. Belmont: Wadsworth Publishing.

Lesley, B. (1972). A student of the relationship of classroom questions and social studies achievement of secondary grade children. *Dissertation Abatracts Inernational*, *32*(6).

National Research Council (NRC). (1996). *The nation science education standards.* washington, D. C.: National Academy Press.

Ryan, F. L. (1973). Differentiated effects of levels of questioning on student achievement. *The Journal of Experimental Education*, *41*(3), 63-67.

Saunders, W. L. & Shepardson, D. (1987). A comparison of concrete and formal science instruction upon science achievement and reasoning ability of sixth grade students. *Journal of Research in Science Teaching, 24*(1), 39-51.

Sund, R. B. & Trowbridge, L. W. (1973). *Teaching science by inquiry in the secondary school* (2nd ed). Ohio: A Bell & Howell.

Zimmermam. (2005). The development of scientific reasoning skills: what psychologists contribute to an understanding of elementary science learning. final draft of a report to the national research council committee on science learning kindergarten throught eighth grade. *Dissertation Abatracts Inernational, 35*(4).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
2. หนังสือขอความอนุเคราะห์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิคม สาคร	ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมงานทะเบียนและวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
2. ดร.รัศมี ฉิมขันธ์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ตำแหน่ง ครู คศ. 3 ชำนาญการพิเศษ
3. อาจารย์ไพรัช วงษ์บูรณาวาทย์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ตำแหน่ง ครู คศ. 3 ชำนาญการพิเศษ
4. อาจารย์สุดารัตน์ บัวงาม	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ตำแหน่ง ครู คศ. 3 ชำนาญการพิเศษ
5. อาจารย์ธนายุต จันทราเขต	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ตำแหน่ง ครู คศ. 3 ชำนาญการพิเศษ

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1223

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

27 มิถุนายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิคม สาคร

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายศรัณย์ อัมระนันท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 082-2031726

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1223

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

27 มิถุนายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.รัศมี ฉิมขันธ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายศรัณย์ อัมระนันท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 082-2031726

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1223

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

27 มิถุนายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ไพรัช วงษ์บูรณาวาทย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายศรัณย์ อัมระนันท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 082-2031726

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1223

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

27 มิถุนายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สุดารัตน์ บัวงาม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายศรัณย์ อัมระนันท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 082-2031726

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1223

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

27 มิถุนายน 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ธนายุต จันทราเขต

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายศรัณย์ อัมระนันท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485

ผู้วิจัย 082-2031726

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1511

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

6 สิงหาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพขอเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายศรัณย์ อัมระนันท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/15 , 5/16 โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 14-18 สิงหาคม พ.ศ. 2557 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485 , ผู้วิจัย 082-2031726

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1539

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

13 สิงหาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายศรัณย์ อัมระนันท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 100 คน ขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2557 – 10 กันยายน พ.ศ. 2557 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069

โทรสาร 0-3839-3485 , ผู้วิจัย 082-2031726

ภาคผนวก ข

1. การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง

2. การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

4. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

5. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

6. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

7. ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

8. ผลการคำนวณหาค่า t-test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง

ตารางที่ ข-1 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้	4	4	4	5	5	4.40	มาก
3.1 ใจความถูกต้อง	4	4	4	5	5	4.40	มาก
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	4	4	5	4.40	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	4	5	4.40	มาก

ตารางที่ ข-2 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตร การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-3 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	4	4	5	5	4.40	มาก
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	5	5	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	4	5	4.40	มาก
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	4	5	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	5	4.20	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	4	5	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	4	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-5 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	4	4	4	5	4.20	มาก
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	5	5	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	4	5	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	4	5	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	4	4	5	4.40	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	5	5	4	4.40	มาก

ตารางที่ ข-6 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	4	4	5	4	4.40	มาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	5	4	4.40	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	4	4	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	4	5	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	5	4.20	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	4	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-7 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	4	5	4	4.40	มาก
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	4	5	4	4.40	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	4	4.20	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	4	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง

ตารางที่ ข-8 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	0	1	1	3	0.6

ตารางที่ ข-9 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตรการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8

ตารางที่ ข-10 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8

ตารางที่ ข-11 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8

ตารางที่ ข-12 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

ข้อ	ข้อความ	ละแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-13 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-14 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์ โครงผลึกร่างตาข่าย

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ ข-15 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (แบบปกติ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	4	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	4	5	4.40	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-15 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	4	4	4	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด

ตารางที่ ข-16 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตร การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ (แบบปกติ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-16 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	4	4	4	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	4	4	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	4	5	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	4	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	4	4	4	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	5	5	4	4.40	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	5	5	4	4.40	มาก

ตารางที่ ข-17 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ (แบบปกติ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-17 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	4	5	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	4	4	5	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	4	5	5	4.80	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-18 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล (แบบปกติ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	4	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้							
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
	5	4	4	4	5	4.40	มาก
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-18 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	5	5	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	4	5	5	4.40	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-19 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	4	5	4	4.40	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	5	4	5	5	4.60	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-19 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	5	4	4.40	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	5	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	5	4	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	4	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	4	5	5	4.60	มากมี่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-20 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-20 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	5	5	4	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	5	4	4	4	4.40	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด

ตารางที่ ข-21 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย (แบบปกติ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
1.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3. ด้านสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน							

ตารางที่ ข-21 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	4	5	4.40	มาก
5. ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้							
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	4.40	มาก
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.20	มาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	5	5	5	4	4.60	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล							
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.80	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ ข-22 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (แบบปกติ)

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-23 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตรการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์และแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ (แบบปกติ)

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-24 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ (แบบปกติ)

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-25 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปร่างโมเลกุล (แบบปกติ)

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-26 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ)

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-27 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (แบบปกติ)

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8

ตารางที่ ข-28 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สารโคเวเลนต์ โครงผลึกร่างตาข่าย (แบบปกติ)

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
2	สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8
3	สาระการเรียนรู้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
6	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.8

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

ตารางที่ ข-29 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum R/N$)
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การเกิด	1	1	1	1	0	1	1	4	0.8
พันธะ		2	1	1	0	1	1	4	0.8
โคเวเลนต์									
ชนิดของ	2,3	3	1	1	1	1	1	5	1
พันธะ		4	1	1	1	1	0	4	0.8
โคเวเลนต์		5	1	1	0	1	1	3	0.8
โมเลกุลที่	4	6	1	0	1	1	1	4	0.8
ไม่เป็นไป		7	1	0	1	1	1	4	0.8
ตามกฎ		8	1	1	0	1	1	3	0.8
ออกเตต									
การเขียน	5	9	1	1	1	1	1	5	1
สูตรและ		10	1	1	0	1	1	3	0.8
เรียกชื่อสาร		11	1	1	1	1	1	5	1
โคเวเลนต์		12	1	0	1	1	1	4	0.8
		13	1	1	0	1	1	4	0.8
ความยาว	6,7	14	1	1	1	1	1	5	1
พันธะและ		15	1	1	1	1	1	5	1
พลังงาน		16	1	1	1	1	1	5	1
พันธะ		17	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-29 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	8	18	1	1	1	1	1	5	1
		19	1	1	0	1	1	3	0.8
รูปร่างของโมเลกุล	9,10	20	1	1	1	1	1	5	1
		21	1	1	0	1	1	4	0.8
		22	1	0	1	1	1	4	0.8
		23	1	1	1	1	1	5	1
		24	1	1	1	1	1	5	1
สภาพขั้วของโมเลกุลกุลโคเวเลนต์	11	25	1	1	0	1	1	3	0.8
		26	1	1	1	1	1	5	1
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	12	27	1	1	0	1	1	4	0.8
		28	1	0	1	1	1	4	0.8
สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	13	29	1	1	0	1	1	3	0.8
		30	1	1	1	1	1	5	1

จากตารางได้ข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) **แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์**

ตารางที่ ข-30 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	ค่า p	ค่า r
1	0.63	0.33
2	0.56	0.62
3	0.52	0.59
4	0.49	0.37
5	0.44	0.37
6	0.40	0.22
7	0.44	0.30
8	0.38	0.26
9	0.44	0.30
10	0.49	0.48
11	0.40	0.30
12	0.48	0.59
13	0.53	0.41
14	0.54	0.25
15	0.25	0.26
16	0.30	0.35
17	0.52	0.25
18	0.36	0.33
19	0.50	0.35
20	0.42	0.35
21	0.44	0.56
22	0.44	0.35

ตารางที่ ข-30 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า p	ค่า r
23	0.43	0.37
24	0.35	0.35
25	0. 30	0.46
26	0.35	0.54
27	0.50	0.32
28	0.35	0.53
29	0.40	0.57
30	0.63	0.41

ตารางที่ ข-31 แสดงค่า p, q และ pq ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ (ข้อสอบปรนัย) จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	p	q	pq
1	0.63	0.37	0.23
2	0.56	0.44	0.25
3	0.52	0.48	0.25
4	0.49	0.51	0.25
5	0.44	0.56	0.25
6	0.40	0.60	0.24
7	0.44	0.56	0.25
8	0.38	0.62	0.24
9	0.44	0.56	0.25
10	0.49	0.51	0.25
11	0.40	0.60	0.24
12	0.48	0.52	0.25
13	0.53	0.47	0.25
14	0.54	0.46	0.25

ตารางที่ ข-31 (ต่อ)

ข้อที่	p	q	pq
15	0.25	0.75	0.19
16	0.30	0.70	0.21
17	0.52	0.48	0.25
18	0.36	0.64	0.23
19	0.50	0.50	0.25
20	0.42	0.58	0.25
21	0.44	0.56	0.25
22	0.44	0.56	0.25
23	0.43	0.57	0.25
24	0.35	0.65	0.23
25	0.30	0.70	0.21
26	0.35	0.65	0.23
27	0.50	0.50	0.25
28	0.35	0.65	0.23
29	0.40	0.60	0.24
30	0.63	0.37	0.23
			$\sum pq = 7.20$

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

หาค่าความแปรปรวน จากสูตร $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ $n = 80$

$\sum X = 1792$

$(\sum X)^2 = (1792)^2 = 3211264$

$\sum X^2 = 42402$

แทนค่า $S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

$= \frac{80(42402) - 3211264}{80(80-1)}$

$= \frac{3392160 - 3211264}{6320}$

$= \frac{180896}{6320}$

$= 28.62$

จากสูตร KR – 20

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

$$= \frac{30}{30-1}\left[1-\frac{7.20}{28.62}\right]$$

$= 1.03 \times 0.75$

$= 0.76$

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

ตารางที่ ข-32 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การเกิดพันธะโคเวเลนต์	1	1	1	1	1	1	1	5	1
ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2, 3	2	1	1	1	0	1	4	0.8
		3	1	0	1	1	1	4	0.8
โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	4	4	1	1	0	1	1	4	0.8
การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	5	5	1	1	1	1	1	5	1
ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	6, 7	6	1	1	1	0	1	4	0.8
		7	1	1	1	1	1	5	1
แนวคิดเกี่ยวกับ	8	8	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ข-32 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ($\sum$R/N)
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
เรโซแนนซ์									
รูปร่างของโมเลกุล	9, 10	9	1	1	1	1	1	5	1
สภาพขั้วของโมเลกุล	11	10	1	1	1	1	1	5	1
กุล โคเวเลนต์									
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	12	11	1	1	1	1	1	5	1
สาร โคเวเลนต์ โครงผลึกร่างตาข่าย	13	12	1	1	1	1	1	5	1

จากตารางได้ข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ข-33 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่า p	ค่า r
1	0.42	0.25
2	0.58	0.30
3	0.45	0.48
4	0.54	0.25
5	0.62	0.35
6	0.40	0.30
7	0.60	0.41
8	0.65	0.33
9	0.53	0.37
10	0.42	0.52
11	0.58	0.33
12	0.45	0.52

ตารางที่ ข-34 แสดงค่า p, q และ pq ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ (ข้อสอบปรนัย) จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	p	q	pq
1	0.42	0.58	0.24
2	0.58	0.42	0.24
3	0.45	0.55	0.25
4	0.54	0.46	0.25
5	0.62	0.38	0.24

ตารางที่ ข-34 (ต่อ)

ข้อที่	p	q	pq
6	0.40	0.60	0.24
7	0.60	0.40	0.24
8	0.65	0.35	0.23
9	0.53	0.47	0.25
10	0.42	0.58	0.24
11	0.58	0.42	0.24
12	0.45	0.55	0.25
			$\sum pq = 2.91$

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

หาค่าความแปรปรวน จากสูตร $S_t^2 = \dfrac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

เมื่อ $n = 80$

$\sum X = 954$

$(\sum X)^2 = (954)^2 = 910116$

$\sum X^2 = 12844$

แทนค่า $S_t^2 = \dfrac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$

$= \dfrac{80(12844) - 910116}{80(80-1)}$

$= \dfrac{1027520 - 910116}{6320}$

$= \dfrac{117404}{6320}$

$= 18.58$

จากสูตร KR – 20

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

$$= \frac{12}{12-1}\left[1-\frac{2.91}{18.58}\right]$$

$$= 1.01 \times 0.84$$

$$= 0.85$$

ตารางที่ ข-35 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	9	25	26	12	24
2	11	24	27	16	25
3	9	23	28	12	24
4	9	24	29	13	24
5	15	24	30	21	28
6	14	27	31	16	25
7	10	26	32	12	27
8	8	26	33	14	23
9	19	25	34	13	23
10	15	26	35	11	20
11	16	26	36	8	20
12	15	24	37	13	22
13	14	24	38	12	22

ตารางที่ ข-35 (ต่อ)

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน	คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน
14	9	24	39	10	28
15	11	21	40	11	22
16	14	20	41	12	22
17	16	24	42	14	22
18	12	24	43	11	26
19	19	25	44	14	24
20	14	23	45	13	22
21	14	24	46	12	28
22	17	26	47	17	20
23	16	26	48	20	22
24	22	27	49	11	19
25	17	24	50	8	27

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 13.42 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 24.02 คะแนน

ตารางที่ ข-36 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน	คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน
1	18	13	26	14	23
2	18	21	27	11	14
3	18	25	28	9	14
4	18	26	29	17	20
5	12	20	30	11	20

ตารางที่ ข-36 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
6	12	22	31	10	17
7	13	20	32	14	21
8	13	16	33	17	22
9	12	16	34	11	14
10	14	14	35	17	15
11	14	16	36	17	19
12	21	27	37	16	22
13	7	20	38	15	15
14	12	25	39	16	20
15	15	21	40	9	25
16	12	17	41	14	13
17	13	15	42	8	16
18	13	20	43	11	23
19	14	22	44	12	17
20	13	20	45	18	16
21	10	22	46	15	17
22	9	16	47	13	20
23	12	20	48	10	20
24	14	16	49	11	21
25	12	18	50	13	15

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 13.36 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 18.94 คะแนน

ตารางที่ ข-37 คะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	4	9	26	4	11
2	4	8	27	6	11
3	3	5	28	6	10
4	1	11	29	2	8
5	4	11	30	6	11
6	5	11	31	5	11
7	4	11	32	2	11
8	4	11	33	5	9
9	6	11	34	4	9
10	7	11	35	5	10
11	7	11	36	3	10
12	2	10	37	2	11
13	6	11	38	5	9
14	5	11	39	5	11
15	6	6	40	2	10
16	6	8	41	4	11
17	4	9	42	5	10
18	4	9	43	6	10
19	7	9	44	6	11
20	3	9	45	3	11
21	6	11	46	5	11
22	6	11	47	3	11
23	6	11	48	5	10

ตารางที่ ข-37 (ต่อ)

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน	คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน
24	7	11	49	4	10
25	7	8	50	4	10

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 4.62 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 10.02 คะแนน

ตารางที่ ข-38 คะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน	คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน
1	5	3	26	3	9
2	3	10	27	5	5
3	5	10	28	1	6
4	4	11	29	5	6
5	4	8	30	5	10
6	2	9	31	2	6
7	4	8	32	5	8
8	5	6	33	4	8
9	4	8	34	3	10
10	3	6	35	8	8
11	1	4	36	7	7
12	8	10	37	7	9
13	6	8	38	4	4
14	1	6	39	5	10
15	5	10	40	6	4

ตารางที่ ข-38 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
16	5	8	41	7	9
17	3	6	42	5	5
18	7	8	43	6	10
19	3	10	44	3	4
20	4	10	45	5	8
21	3	8	46	5	6
22	4	10	47	6	10
23	5	9	48	2	7
24	2	7	49	4	8
25	7	9	50	4	7

ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 4.40 คะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 7.72 คะแนน

ตารางที่ ข-39 แสดงการทดสอบ t-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงและการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Group Statistics

group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
score	Group1	50	24.02	2.254	.318
	Group2	50	18.94	3.616	.511

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
score	Equal variances assumed	16.713	.000	8.349	98	.000
	Equal variances not assumed			8.349	81.886	.000

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
				Lower	Upper
score	Equal variances assumed	5.080	.602	3.885	6.275
	Equal variances not assumed	5.080	.602	3.882	6.278

ตารางที่ ข-40 แสดงการคำนวณหาค่า t-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre-test	13.42	50	3.375	.477
	Post-test	24.02	50	2.245	.318

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pre-test & Post-test	50	.171	.234

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre-test - Post-test	-10.600	3.720	.526

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Pre-test - Post-test	-11.657	-9.543	-20.150	49	.000

ตารางที่ ข-41 แสดงการทดสอบ t-test ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงและการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Group Statistics

group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
score	Group1	50	10.02	1.363	.193
	Group2	50	7.72	2.031	.287

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
score	Equal variances assumed	10.072	.002	6.650	98	.000
	Equal variances not assumed			6.650	85.685	.000

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
				Lower	Upper
score	Equal variances assumed	2.300	0.346	1.614	2.986
	Equal variances not assumed	2.300	0.346	1.612	2.988

ตารางที่ ข-42 แสดงการคำนวณหาค่า t-test ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre-test	4.62	50	1.363	.193
	Post-test	10.02	50	1.550	.219

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pre-test & Post-test	50	.071	.623

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre-test - Post-test	5.400	1.990	.281

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Pre-test - Post-test	4.835	5.965	19.190	49	.000

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพันธะโคเวเลนต์
4. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (กลุ่มทดลอง)

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รหัสวิชา ว30102

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1/2557

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต เวลา 2 คาบ

---

1. **ผลการเรียนรู้**

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้

2. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้

2. อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตตความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้

3. อธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้

4. เขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้

5. ยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้

ด้านกระบวนการ

1. นักเรียนมีทักษะในการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนมีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น

2. นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม

3. **สาระสำคัญ**

พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่ละอะตอมต่างมีความสามารถที่จะดึงอิเล็กตรอนไว้กับตัว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงไม่ได้อยู่ ณ อะตอมใดอะตอมหนึ่งแล้วเกิดเป็นประจุเหมือนพันธะไอออนิก หากแต่เป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะนั้น ๆ และมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่รอบ ๆ แต่ละอะตอมเป็นไปตามกฎออกเตตซึ่งกฎออกเตต คือการที่อะตอมส่งอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันแล้วมีผลทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดของแต่ละอะตอมครบแปดอิเล็กตรอนเหมือนกับโครงสร้างของก๊าซเฉื่อย ซึ่งมีความเสถียรมาก (ยกเว้น H ครบ 2 เหมือนกับ He) เช่น

H_2O พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H_2 , F_2, CH_4, C_2H_6

2. พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO_2, C_2H_4

3. พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต คือ โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางมากกว่าแปดหรือน้อยกว่าแปดแต่สามารถมีเสถียรภาพอยู่ในรูปโมเลกุลได้

4. **สาระการเรียนรู้**

พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่ละอะตอมต่างมีความสามารถที่จะดึงอิเล็กตรอนไว้กับตัว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงไม่ได้อยู่ ณ อะตอมใดอะตอมหนึ่งแล้วเกิดเป็นประจุเหมือนพันธะไอออนิก หากแต่เป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะนั้น ๆ และมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่รอบ ๆ แต่ละอะตอมเป็นไปตามกฎออกเตต

ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 ในธรรมชาติจะไม่สามารถอยู่เป็นอะตอมเดี่ยวได้ ซึ่งไม่เสถียรต้องรวมกันเป็นโมเลกุลซึ่งอาจจะมี 2 อะตอมหรือมากกว่า การที่ธาตุเฉื่อยมี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนแล้วทำให้เสถียรกว่าธาตุอื่น ๆ ซึ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 ทำให้นักวิทยาศาลตร์เชื่อว่าโครงสร้างของอะตอมที่มี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นสภาพที่อะตอมเสถียรที่สุดดังนั้นธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 จึงพยายามปรับตัวให้มีโครงสร้างแบบธาตุเฉื่อยเช่น โดยการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลหรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ8 ส่วนไฮโดรเจนจะพยายามปรับตัวให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 เหมือนธาตุ He

การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 นี้นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎออกเตต

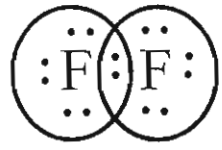
ดังนั้นธาตุต่าง ๆ จึงพยายามรวมตัวกัน เพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งจะทำให้ได้สารประกอบหรือโมเลกุลที่อยู่ในสภาพที่เสถียร สำหรับการรวมตัวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์จะมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันถือว่าเป็นอิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะทั้งสอง

เช่น F_2 มีสูตรแบบจุดเป็น $:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}:$

อะตอมของ F มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7

เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนซ์มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ซึ่งอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่ นี้ถือว่าเป็นของฟลูออรีนทั้ง 2 อะตอม ทำให้ฟลูออรีนแต่ละอะตอมใน F2 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุแต่ละชนิดอาจจะแสดงให้เห็นได้ชัดเจนขึ้นโดยการเขียนวงกลมล้อมรอบแต่ละอะตอม จำนวนอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงกลมของธาตุใดก็จัดว่าเป็นของธาตุนั้น เช่น



พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H_2, F_2, CH_4, C_2H_6

2. พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO_2, C_2H_4

3.พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

การแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยใช้จุด 2 จุด หรืออาจใช้เส้น 1 เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ ระหว่างอะตอมทั้งสองเรียกว่า โครงสร้างลิวอิส จากตัวอย่างจะสังเกตเห็นว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนบางอิเล็กตรอนไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะ อิเล็กตรอนเหล่านี้จะเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

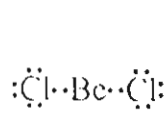
โมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์คลอรีนและน้ำมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวโมเลกุลละเท่าไร ในโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน O_2 ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจน 2 อะตอม ออกซิเจนมี 6 เวเลนซ์อิเล็กตรอน แต่ละอะตอมต้องการอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิด พันธะคู่ ตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์อื่น ๆ ที่มีพันธะคู่ในโมเลกุล เช่น โมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 เอทิลีน C_2H_4

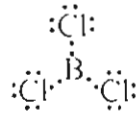
โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

กฎออกเตตคือการที่อะตอมส่งอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน แล้วมีผลทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดของแต่ละอะตอมครบแปดอิเล็กตรอนเหมือนกับโครงสร้างของก๊าซเฉื่อย

ซึ่งมีความเสถียรมาก (ยกเว้น H ครบ 2 เหมือนกับ He) เช่น H_2O แต่สารโคเวเลนต์บางชนิดใช้กับกฎนี้ไม่ได้ จึงมีข้อยกเว้นสำหรับกฎออกเตต ดังนี้

1. สารที่ไม่ครบออกเตต ได้แก่สารประกอบของธาตุ Be, B, Al เช่น $BeCl_2$, BCl_3

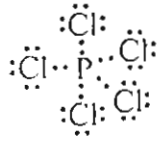


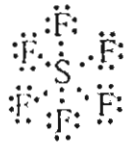


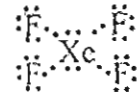
เบริลเลียมคลอไรด์ โบรอนไตรคลอไรด์

ในโมเลกุลเบริลเลียมคลอไรด์ พบว่าเบริลเลียมมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเพียง 4 อิเล็กตรอน เท่านั้น หรือในโมเลกุลของโบรอนไตรคลอไรด์ พบว่าโบรอนมีอิเล็กตรอนเพียง 6 อิเล็กตรอนเท่านั้น

2. สารที่เกินออกเตต อะตอมของธาตุในโมเลกุลที่มีเวเลนต์อิเล็กตรอนมากกว่า 8 ได้แก่ สารประกอบของธาตุในคาบที่ 3 หมู่ 4 เป็นต้นไป เช่น







ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ซีนอลเตตระฟลูออไรด์

ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ (PCl_5) อะตอมฟอสฟอรัสใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 5 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับคลอรีน 5 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 10 อิเล็กตรอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) อะตอมกำมะถันใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 6 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับฟลูออรีน 6 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 12 อิเล็กตรอน เช่นเดียวกับอะตอมของซีนอนในซีนอนเตตระฟลูออไรด์(XeF_4)

5. **กระบวนการจัดการเรียนรู้**

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูขอตัวแทนนักเรียน 2 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน แล้วให้ทั้งสองคนจับมือกัน แล้วออกแรงดึง พร้อมกับถามว่าถ้าจะให้ทั้งสองคนหลุดออกจากกันจะต้องทำอย่างไร แล้วจึงเชื่อมโยงมาที่การเปลี่ยนแปลงสาร	- สื่อ power point เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎ	15

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	- ครูอภิปรายถึงการทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่นการหลอมเหลวเหล็กและโซเดียมคลอไรด์ การสลายโมเลกุลของไฮโดรเจน ซึ่งต้องใช้พลัง เพื่อนำไปสู่เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและพันธะเคมี - ครูใช้คำถามข้อที่ 1 ถามนักเรียนว่า "เมื่ออะตอมของธาตุชนิดหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีส่วนน้อยของน้ำจำนวน 1 อะตอม รวมตัวเป็นโมเลกุลกับธาตุชนิดหนึ่งที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ โมเลกุลนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร" (คำถามให้อธิบาย) - ครูใช้คำถามข้อที่ 2 ถามนักเรียนว่า "พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ 1) แก๊สชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุที่เป็นองค์ประกอบโดยส่วนมากของน้ำกับธาตุที่มีคุณสมบัติอโลหะ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน 2, 7 2) แก๊สชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน $[Ne]\ 3s^2\ 3p^5$ 3) โมเลกุลชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวของธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน ทั้งสามโมเลกุลนี้แตกต่างกันอย่างไร" (คำถามให้วิเคราะห์) - ครูใช้คำถามข้อที่ 3 ถามนักเรียนว่า	ออกเตต	

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	"เมื่อพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ 1) โมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2) โมเลกุลของก๊าซมีเทน 3) โมเลกุลของก๊าซไนโตรเจน จากข้อมูลนี้จงเขียนโครงสร้างทางเคมีและเปรียบเทียบข้อแตกต่างของโมเลกุลทั้ง 3 ชนิดนี้" (คำถามให้เปรียบเทียบ) - ครูให้นักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันเสนอคำตอบที่เป็นไปได้ของคำถามที่ครูถามไป - ครูนำเสนอบทเรียนเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตด ต่อชั้นเรียน พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ		
ขั้นสำรวจและค้นหา	- ครูแจกใบความรู้ เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สำรวจและค้นหาคำตอบตามประเด็นคำถามที่ครูกำหนด - ครูจัดกิจกรรมการอภิปรายกลุ่มย่อย โดยให้นักเรียนแต่และกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพื่อให้ได้คำตอบจากการสำรวจและค้นหาแล้วจดบันทึกคำตอบที่ได้ลงในใบกิจกรรม - ครูสังเกตการณ์ให้ความช่วยเหลือและ	- ใบความรู้ เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ - หนังสือเรียนวิชาเคมี - ใบกิจกรรมบันทึกผลการอภิปราย	25

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	แนะนำเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ - นักเรียนสรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงใบกิจกรรมบันทึกผลการอภิปราย		
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นคว้าบนกระดานหน้าชั้นเรียน - ถ้าคำตอบของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มอธิบายคำตอบให้เพื่อนในชั้นเรียนฟัง - ครูถามนักเรียนในชั้นเรียนว่า เห็นด้วยกับคำตอบของเพื่อนที่นำเสนอหรือไม่ถ้าไม่เห็นด้วยให้นักเรียนออกมาแสดงความคิดเห็นหน้าชั้นเรียน -ครูนำเสนอคำตอบที่ถูกต้องให้กับนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายประกอบ - ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายและสรุปเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์	- ใบความรู้ เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ - หนังสือเรียนวิชาเคมี - สื่อ power point เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	25
ขั้นขยายความรู้	- ครูใช้คำถามข้อที่ 4 ถามนักเรียนว่า “จากข้อมูลต่อไปนี้ 1) โมเลกุลชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุที่มีคุณสมบัติกึ่งโลหะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ [He] $2s^2$ $2p^1$ จำนวน 1 อะตอม 2) โมเลกุลชนิดหนึ่งประกอบธาตุที่เป็นอะตอมกลางมีคุณสมบัติเป็น อโลหะ มี	- ใบความรู้ เรื่อง โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต - หนังสือเรียนวิชาเคมี - สื่อ power point เรื่อง การเกิดพันธะ	20

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	การจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ [Ne] $3s^2$ $3p^3$ และธาตุที่เป็นอะตอมล้อมรอบอีก 3 อะตอม ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอโลหะ และมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ 2, 8, 7 จากข้อมูลนี้จงเขียนโครงสร้างทางเคมีและเปรียบเทียบข้อแตกต่างของโมเลกุลทั้ง 2 ชนิดนี้" (คำถามให้เปรียบเทียบ) - ครูใช้คำถามข้อที่ 5 ถามนักเรียนว่า "เมื่อทำการทดลองสังเคราะห์สารทางเคมีโดยใช้สารตั้งต้นเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติเป็นอโลหะ มีมวลอะตอมเท่ากับ 14 ทำปฏิกิริยากับธาตุที่มีคุณสมบัติอโลหะ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ 2, 8, 18, 18, 7 อัตราส่วนของธาตุทั้งสองคือ 1:5 จะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นสารใด และมีลักษณะพันธะเป็นไปตามกฎออกเตตหรือไม่ เพราะเหตุใด" (คำถามให้วิเคราะห์) - ครูให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบและนำเสนอคำตอบหน้าชั้นเรียน - ครูอธิบายถึงความแตกต่างของโมเลกุลทั้งสองพร้อมทั้งอธิบายเรื่องโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	โคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	
ขั้นประเมินผล	- นักเรียนทำแบบทดสอบเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะ	- แบบทดสอบเรื่อง การเกิดพันธะโคเว	15

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	โคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต - ครูเฉลยคำตอบของแบบทดสอบ - นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจแบบทดสอบรวมคะแนนส่งครู	เลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	

6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

สื่อ

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
2. หนังสือเคมีทั่วไป 1 โดยสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. หนังสือเคมีทั่วไป โดยรองศาสตราจารย์รานี สุวรรณพฤกษ์
4. สื่อ PowerPoint เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต
5. ใบความรู้ เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

แหล่งเรียนรู้

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ สืบค้นเพิ่มเติมได้จาก : http://members.tripod.com/chem_atom_yothin/co_valent.htm#การเกิดพันธะโคเวเลนต์
2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ สืบค้นเพิ่มเติมได้จาก : http://members.tripod.com/chem_atom_yothin/co_valent.htm#ชนิดของพันธะโคเวเลนต์
3. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต สืบค้นเพิ่มเติมได้จาก : http://www.ponglearning.com/?p=1285

7. การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ 1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 2. อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตตความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้ 3. อธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม 4. เขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้ 5. นักเรียนสามรถยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	1. การทดสอบหลังเรียน	1. แบบทดสอบเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	1. นักเรียน ร้อยละ 70 สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและนักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
ด้านกระบวนการ 1. มีทักษะในการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. มีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น 2. นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม	1. การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	1. นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ ระดับดีขึ้นไป (ประเมินรายกลุ่ม)

8. บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค / ข้อบกพร่องที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม

วันที่ประเมิน..... เรื่องที่สอน..... ชั้น .....

รายการประเมิน	คะแนนกลุ่มที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
พฤติกรรมการเรียน 1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียนและทำกิจกรรม										
2. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย										
3. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม										
4. การรักษาความสะอาด										
5. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน										
พฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม 1. มีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มอย่างรวดเร็ว และเป็นระเบียบเรียบร้อย										
2. มีการปรึกษาหารือกันก่อนทำงาน										
3. รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย										
4. ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน										
5. มีการซักถาม และทบทวนเนื้อหาให้สมาชิกทุกคนเกิดความเข้าใจตรงกัน										
รวม (10)										

ข้อใดที่นักเรียนปฏิบัติ ได้คะแนน 1 คะแนน ไม่ปฏิบัติ ได้คะแนน 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมินจากแบบสังเกตกำหนด ดังนี้

9-10 คะแนน ดีมาก 6-8 คะแนน ดี

3-5 คะแนน พอใช้ 0-2 คะแนน ควรปรับปรุง

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

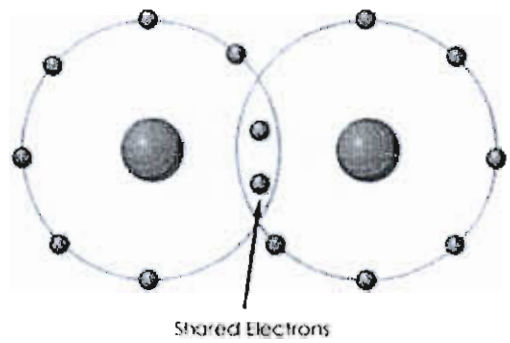
(.....)

วันที่ .....

ใบความรู้ เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

การเกิดพันธะโคเวเลนต์

พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่ละอะตอมต่างมีความสามารถที่จะดึงอิเล็กตรอนไว้กับตัว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงไม่ได้อยู่ ณ อะตอมใดอะตอมหนึ่งแล้วเกิดเป็นประจุเหมือนพันธะไอออนิก หากแต่เหมือนการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะนั้นๆและมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่รอบ ๆ แต่ละอะตอมเป็นไปตามกฎออกเตต



ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 ในธรรมชาติจะไม่สามารถอยู่เป็นอะตอมเดี่ยวได้ ซึ่งไม่เสถียรต้องรวมกันเป็นโมเลกุลซึ่งอาจจะมี 2 อะตอมหรือมากกว่า การที่ธาตุเฉื่อยมี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนแล้วทำให้เสถียรกว่าธาตุอื่น ๆ ซึ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 ทำให้นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโครงสร้างของอะตอมที่มี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นสภาพที่อะตอมเสถียรที่สุด ดังนั้นธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 จึงพยายามปรับตัวให้มีโครงสร้างแบบธาตุเฉื่อยเช่น โดยการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลหรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ8 ส่วนไฮโดรเจนจะพยายามปรับตัวให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 เหมือนธาตุ He

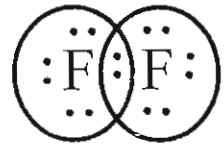
การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 นี้นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎออกเตต

ดังนั้นธาตุต่าง ๆ จึงพยายามรวมตัวกัน เพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งจะทำให้ได้สารประกอบหรือโมเลกุลที่อยู่ในสภาพที่เสถียร สำหรับการรวมตัวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์จะมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันถือว่าเป็นอิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะทั้งสอง

เช่น F_2 มีสูตรแบบจุดเป็น

อะตอมของ F มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7

เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนต์มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ซึ่งอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่ นี้ถือว่าเป็นของฟลูออรีนทั้ง 2 อะตอม ทำให้ฟลูออรีนแต่ละอะตอมใน F_2 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุแต่ละชนิดอาจจะแสดงให้เห็นได้ชัดเจนขึ้นโดยการเขียนวงกลมล้อมรอบแต่ละอะตอม จำนวนอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงกลมของธาตุใดก็จัดว่าเป็นของธาตุนั้น เช่น 

<u>พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด</u> คือ

1. พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H_2, F_2, CH_4, C_2H_6

2. พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO_2, C_2H_4

3. พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

การแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยใช้จุด 2 จุด หรืออาจใช้เส้น 1 เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ ระหว่างอะตอมทั้งสองเรียกว่า โครงสร้างลิวอิส จากตัวอย่างจะสังเกตเห็นว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนบางอิเล็กตรอนไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะ อิเล็กตรอนเหล่านี้จะเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

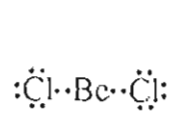
โมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์คลอรีนและน้ำมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวโมเลกุลละเท่าไร ในโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน O_2 ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจน 2 อะตอม ออกซิเจนมี 6 เวเลนซ์อิเล็กตรอน แต่ละอะตอมต้องการอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิด พันธะคู่ ตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์อื่น ๆ ที่มีพันธะคู่ในโมเลกุล

ใบความรู้ เรื่อง โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

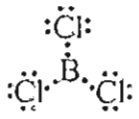
<u>โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต</u>

กฎออกเตตคือการที่อะตอมส่งอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน แล้วมีผลทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดของแต่ละอะตอมครบแปดอิเล็กตรอนเหมือนกับโครงสร้างของก๊าซเฉื่อย ซึ่งมีความเสถียรมาก (ยกเว้น H ครบ 2 เหมือนกับ He) เช่น H_2O แต่สารโคเวเลนต์บางชนิดใช้กับกฎนี้ไม่ได้ จึงมีข้อยกเว้นสำหรับกฎออกเตต ดังนี้

1. สารที่ไม่ครบออกเตต ได้แก่สารประกอบของธาตุ Be, B, Al เช่น $BeCl_2$, BCl_3



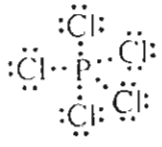
เบริลเลียมคลอไรด์



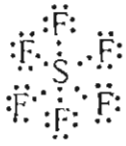
โบรอนไตรคลอไรด์

ในโมเลกุลเบริลเลียมคลอไรด์ พบว่าเบริลเลียมมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเพียง 4 อิเล็กตรอนเท่านั้น หรือในโมเลกุลของโบรอนไตรคลอไรด์ พบว่าโบรอนมีอิเล็กตรอนเพียง 6 อิเล็กตรอนเท่านั้น

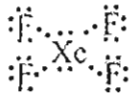
2. สารที่เกินออกเตต อะตอมของธาตุในโมเลกุลที่มีเวเลนต์อิเล็กตรอนมากกว่า 8 ได้แก่ สารประกอบของธาตุในคาบที่ 3 หมู่ 4 เป็นต้นไป เช่น



ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์



ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์



ซีนอลเตตระฟลูออไรด์

ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ (PCl_5) อะตอมฟอสฟอรัสใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 5 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับคลอรีน 5 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 10 อิเล็กตรอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) อะตอมกำมะถันใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 6 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับฟลูออรีน 6 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 12 อิเล็กตรอน เช่นเดียวกับอะตอมของซีนอนในซีนอนเตตระฟลูออไรด์ (XeF_4)

ใบกิจกรรม
บันทึกผลการอภิปราย

ชื่อ.....ชั้น.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่กำหนดให้ต่อไปนี้ แล้วบันทึกคำตอบจากผลการอภิปรายกลุ่มลงในใบกิจกรรม

1. เมื่ออะตอมของธาตุชนิดหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีส่วนน้อยของน้ำจำนวน 1 อะตอม รวมตัวเป็นโมเลกุลกับธาตุชนิดหนึ่งที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ โมเลกุลนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ 1) แก๊สชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุที่เป็นองค์ประกอบโดยส่วนมากของน้ำกับธาตุที่มีคุณสมบัติอโลหะ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน 2, 7 2) แก๊สชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน $[Ne]\ 3s^2\ 3p^5$ 3) โมเลกุลชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวของธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน ทั้งสามโมเลกุลนี้แตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. เมื่อพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ 1) โมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2) โมเลกุลของก๊าซมีเทน 3) โมเลกุลของก๊าซไนโตรเจน จากข้อมูลนี้จงเขียนโครงสร้างทางเคมีและเปรียบเทียบข้อแตกต่างของโมเลกุลทั้ง 3 ชนิดนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากข้อมูลต่อไปนี้ 1) โมเลกุลชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุที่มีคุณสมบัติกึ่งโลหะ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ [He] $2s^2$ $2p^1$ จำนวน 1 อะตอม 2) โมเลกุลชนิดหนึ่งประกอบธาตุที่เป็นอะตอมกลางมีคุณสมบัติเป็น อโลหะ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ [Ne] $3s^2$ $3p^3$ และธาตุที่เป็นอะตอมล้อมรอบอีก 3 อะตอม ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอโลหะ และมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ 2, 8, 7 จากข้อมูลนี้จงเขียนโครงสร้างทางเคมีและเปรียบเทียบข้อแตกต่างของโมเลกุลทั้ง 2 ชนิดนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. เมื่อทำการทดลองสังเคราะห์สารทางเคมีโดยใช้สารตั้งต้นเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติเป็นอโลหะ มีมวลอะตอมเท่ากับ 14 ทำปฏิกิริยากับธาตุที่มีคุณสมบัติอโลหะ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ 2, 8, 18, 18, 7 อัตราส่วนของธาตุทั้งสองคือ 1:5 จะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นสารใด และมีลักษณะพันธะเป็นไปตามกฎออกเตตหรือไม่เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

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

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกกากบาท (X) คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1) ข้อใดถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์

ก. เป็นพันธะเคมีที่ยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุโลหะกับอโลหะ

ข. เป็นพันธะเคมีที่ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) ต่างกัน

ค. พันธะเคมีที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกัน

ง. ถูกทุกข้อ

2) ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สารโคเวเลนต์

ก. N_2O_2 ข. NaCl

ค. CO_2 ง. PCl_5

พิจารณาสมการเคมีต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 3) และ 4)

3) สัญลักษณ์ X หมายความว่าอย่างไร

ก. พันธะคู่ ข. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ค. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ง. พันธะสาม

4) สัญลักษณ์ Y หมายความว่าอย่างไร

ก. พันธะคู่ ข. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ค. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ง. พันธะสาม

5) โมเลกุลในข้อใดเป็นไปตามกฎออกเตต

ก. BF_3 ข. PCl_5

ค. SF_6 ง. NH_3

6) พันธะในโมเลกุลใดต่อนี้ไม่ใช่พันธะเดี่ยว

ก. Cl_2 ข. PCl_3

ค. CO_2 ง. SiH_4

7) พันธะในโมเลกุลใดต่อนี้เป็นพันธะคู่

ก. C_2H_4 ข. C_2H_2

ค. C_2H_6 ง. Cl_2

8) พันธะในโมเลกุลใดต่อนี้เป็นพันธะสาม

ก. N_2O ข. CF_4

ค. SiO_2 ง. N_2

9) จงแสดงโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล HCN

10) จงแสดงโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตมา 2 โมเลกุล

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (กลุ่มควบคุม)

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รหัสวิชา ว30102

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1/2557

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต เวลา 2 คาบ

---

1. **ผลการเรียนรู้**

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้

2. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้

2. อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตตความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้

3. อธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้

4. เขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้

5. ยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้

ด้านกระบวนการ

1. นักเรียนมีทักษะในการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนมีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น

2. นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม

3. **สาระสำคัญ**

พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่ละอะตอมต่างมีความสามารถที่จะดึงอิเล็กตรอนไว้กับตัว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงไม่ได้อยู่ ณ อะตอมใดอะตอมหนึ่งแล้วเกิดเป็นประจุเหมือนพันธะไอออนิก **หากแต่**เป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะนั้นๆและมีจำนวนอิเล็กตรอนอ**ยู่รอบ ๆ** แต่ละอะตอมเป็นไปตามกฎออกเตตซึ่งกฎออกเตต คือการที่อะตอมส่งอิเล็กตรอนมาใช้**ร่วมกัน** แล้วมีผลทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดของแต่ละอะตอมครบแปดอิเล็กตรอน

เหมือนกับโครงสร้างของก๊าซเฉื่อย ซึ่งมีความเสถียรมาก (ยกเว้น H ครบ 2 เหมือนกับ He) เช่น H_2O

พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H , F_2, CH_4, C_2H_6

2. พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะดอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO , C_2H_4

3. พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต คือ โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางมากกว่าแปดหรือน้อยกว่าแปดแต่สามารถมีเสถียรภาพอยู่ในรูปโมเลกุลได้

4. **สาระการเรียนรู้**

พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่ละอะตอมต่างมีความสามารถที่จะดึงอิเล็กตรอนไว้กับตัว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงไม่ได้อยู่ ณ อะตอมใดอะตอมหนึ่งแล้วเกิดเป็นประจุเหมือนพันธะไอออนิก หากแต่เป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะนั้น ๆ และมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่รอบ ๆ แต่ละอะตอมเป็นไปตามกฎออกเตต

ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 ในธรรมชาติจะไม่สามารถอยู่เป็นอะตอมเดี่ยวได้ ซึ่งไม่เสถียรต้องรวมกันเป็นโมเลกุลซึ่งอาจจะมี 2 อะตอมหรือมากกว่า การที่ธาตุเฉื่อยมี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนแล้วทำให้เสถียรกว่าธาตุอื่น ๆ ซึ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 ทำให้นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโครงสร้างของอะตอมที่มี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นสภาพที่อะตอมเสถียรที่สุด ดังนั้นธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 จึงพยายามปรับตัวให้มีโครงสร้างแบบธาตุเฉื่อยเช่น โดยการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลหรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ส่วนไฮโดรเจนจะพยายามปรับตัวให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 เหมือนธาตุ He

การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 นี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎออกเตต

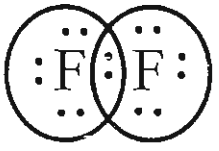
ดังนั้นธาตุต่าง ๆ จึงพยายามรวมตัวกัน เพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งจะทำให้ได้สารประกอบหรือโมเลกุลที่อยู่ในสภาพที่เสถียร สำหรับการรวมตัวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์จะมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันถือว่าเป็น

อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะทั้งสอง

เช่น F_2 มีสูตรแบบจุดเป็น

อะตอมของ F มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7

เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนต์มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ซึ่งอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่ นี้ถือว่าเป็นของฟลูออรีนทั้ง 2 อะตอม ทำให้ฟลูออรีนแต่ละอะตอมใน F_2 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุแต่ละชนิดอาจจะแสดงให้เห็นได้ชัดเจนขึ้นโดยการเขียนวงกลมล้อมรอบแต่ละอะตอม จำนวนอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงกลมของธาตุใดก็จัดว่าเป็นของธาตุนั้น เช่น 

พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H_2, F_2, CH_4, C_2H_6

2. พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO_2, C_2H_4

3. พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

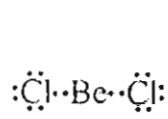
การแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยใช้จุด 2 จุด หรืออาจใช้เส้น 1 เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ ระหว่างอะตอมทั้งสองเรียกว่า โครงสร้างลิวอิส จากตัวอย่างจะสังเกตเห็นว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนบางอิเล็กตรอนไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะ อิเล็กตรอนเหล่านี้จะเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

โมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์คลอรีนและน้ำมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวโมเลกุลละเท่าไร ในโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน O_2 ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจน 2 อะตอม ออกซิเจนมี 6 เวเลนซ์อิเล็กตรอน แต่ละอะตอมต้องการอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิด พันธะคู่ ตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์อื่นๆ ที่มีพันธะคู่ในโมเลกุล

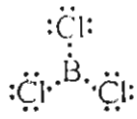
โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

กฎออกเตตคือ การที่อะตอมส่งอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน แล้วมีผลทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดของแต่ละอะตอมครบแปดอิเล็กตรอนเหมือนกับโครงสร้างของก๊าซเฉื่อย ซึ่งมีความเสถียรมาก (ยกเว้น H ครบ 2 เหมือนกับ He) เช่น H_2O แต่สารโคเวเลนต์บางชนิดใช้กับกฎนี้ไม่ได้ จึงมีข้อยกเว้นสำหรับกฎออกเตต ดังนี้

1. สารที่ไม่ครบออกเตต ได้แก่สารประกอบของธาตุ Be, B, Al เช่น $BeCl_2$, BCl_3



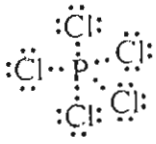
เบริลเลียมคลอไรด์



โบรอนไตรคลอไรด์

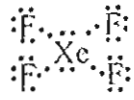
ในโมเลกุลเบริลเลียมคลอไรด์ พบว่าเบริลเลียมมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเพียง 4 อิเล็กตรอนเท่านั้น หรือในโมเลกุลของโบรอนไตรคลอไรด์ พบว่าโบรอนมีอิเล็กตรอนเพียง 6 อิเล็กตรอนเท่านั้น

2. สารที่เกินออกเตต อะตอมของธาตุในโมเลกุลที่มีเวเลนต์อิเล็กตรอนมากกว่า 8 ได้แก่ สารประกอบของธาตุในคาบที่ 3 หมู่ 4 เป็นต้นไป เช่น



ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์

ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์



ซีนอลเตตระฟลูออไรด์

ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ (PCl_5) อะตอมฟอสฟอรัสใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 5 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับคลอรีน 5 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 10 อิเล็กตรอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) อะตอมกำมะถันใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 6 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับฟลูออรีน 6 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 12 อิเล็กตรอน เช่นเดียวกับอะตอมของซีนอนในซีนอนเตตระฟลูออไรด์(XeF_4)

5. **กระบวนการจัดการเรียนรู้**

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
ขั้นสร้างความสนใจ	- ครูขอตัวแทนนักเรียน 2 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน แล้วให้ทั้งสองคนจับมือกัน แล้วออกแรงดึง พร้อมกับถามว่าถ้าจะให้	- สื่อ power point เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิด	15

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	ทั้งสองคนหลุดออกจากกันจะต้องทำอย่างไร แล้วจึงเชื่อมโยงมาที่การเปลี่ยนแปลงสาร - ครูอภิปรายถึงการทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่นการหลอมเหลวเหล็กและโซเดียมคลอไรด์ การสลายโมเลกุลของไฮโดรเจน ซึ่งต้องใช้พลัง เพื่อนำไปสู่เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและพันธะเคมี - ครูนำเสนอบทเรียนเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ต่อชั้นเรียน พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ	ของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	
ขั้นสำรวจและค้นหา	- ครูแจกใบความรู้ เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สำรวจและค้นหาในประเด็น พันธะโคเวเลนต์เกิดได้อย่างไร และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ - ครูสังเกตการณ์ให้ความช่วยเหลือและแนะนำเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ - นักเรียนสรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในสมุด	- ใบความรู้ เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ - หนังสือเรียนวิชาเคมี	25
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นคว้าบนกระดานหน้าชั้นเรียน	- ใบความรู้ เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของ	25

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	- ครูถามนักเรียนในชั้นเรียนว่า เห็นด้วยกับคำตอบของเพื่อนที่นำเสนอหรือไม่ถ้าไม่เห็นด้วยให้นักเรียนออกมาแสดงความคิดเห็นหน้าชั้นเรียน -ครูนำเสนอสาระสำคัญที่ถูกต้องให้กับนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายประกอบ - ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายและสรุปเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์	พันธะโคเวเลนต์ - หนังสือเรียนวิชาเคมี - สื่อ power point เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	
ขั้นขยายความรู้	- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเรื่องโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตจากใบงานที่ครูแจกให้ - นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต - ครูอธิบายถึงเรื่องโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	- ใบความรู้ เรื่อง โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต - หนังสือเรียนวิชาเคมี - สื่อ power point เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	20
ขั้นประเมินผล	- นักเรียนทำแบบทดสอบเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเว-เลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต - ครูเฉลยคำตอบของแบบทดสอบ	- แบบทดสอบเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่	15

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	- นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจแบบทดสอบรวมคะแนนส่งครู	เป็นไปตามกฎออกเตต	

6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

สื่อ

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
2. หนังสือเคมีทั่วไป 1 โดยสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. หนังสือเคมีทั่วไป โดยรองศาสตราจารย์รานี สุวรรณพฤกษ์
4. สื่อ PowerPoint เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต
5. ใบความรู้ เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

แหล่งเรียนรู้

1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ สืบค้นเพิ่มเติมได้จาก : http://members.tripod.com/chem_atom_yothin/co_valent.htm#การเกิดพันธะโคเวเลนต์
2. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ สืบค้นเพิ่มเติมได้จาก : http://members.tripod.com/chem_atom_yothin/co_valent.htm#ชนิดของพันธะโคเวเลนต์
3. โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต สืบค้นเพิ่มเติมได้จาก : http://www.ponglearning.com/?p=1285

7. การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ 1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 2. อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตตความหมายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ	1. การทดสอบหลังเรียน	1. แบบทดสอบเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	1. นักเรียน ร้อยละ 70 สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและนักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้

การวัดผลและประเมินผล (ต่อ)

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
และอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้ 3. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามได้ 4. เขียนโครงสร้างลิวอิสของสารโคเวเลนต์ได้ 5. ยกตัวอย่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้			ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
ด้านกระบวนการ 1. มีทักษะในการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. มีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น 2. มีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม	1. การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	1. นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ ระดับดีขึ้นไป (ประเมินรายกลุ่ม)

8. **บันทึกหลังการสอน**

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค / ข้อบกพร่องที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม

วันที่ประเมิน..... เรื่องที่สอน..... ชั้น .....

รายการประเมิน	คะแนนกลุ่มที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
พฤติกรรมการเรียน 1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียนและทำกิจกรรม										
2. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย										
3. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม										
4. การรักษาความสะอาด										
5. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน										
พฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม 1. มีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มอย่างรวดเร็ว และเป็นระเบียบเรียบร้อย										
2. มีการปรึกษาหารือกันก่อนทำงาน										
3. รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย										
4. ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน										
5. มีการซักถาม และทบทวนเนื้อหาให้สมาชิกทุกคนเกิดความเข้าใจตรงกัน										
รวม (10)										

ข้อใดที่นักเรียนปฏิบัติ ได้คะแนน 1 คะแนน ไม่ปฏิบัติ ได้คะแนน 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมินจากแบบสังเกตกำหนด ดังนี้

9-10 คะแนน ดีมาก 6-8 คะแนน ดี

3-5 คะแนน พอใช้ 0-2 คะแนน ควรปรับปรุง

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

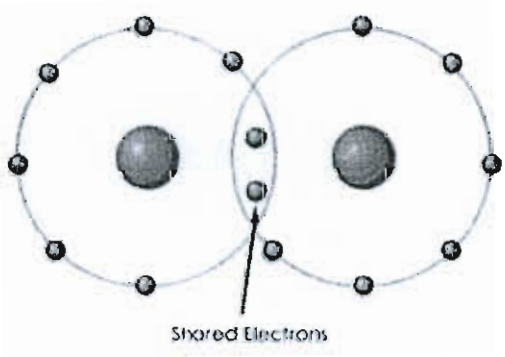
(.....)

วันที่ .....

ใบความรู้ เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

การเกิดพันธะโคเวเลนต์

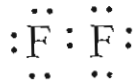
พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่ละอะตอมต่างมีความสามารถที่จะดึงอิเล็กตรอนไว้กับตัว อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจึงไม่ได้อยู่ ณ อะตอมใดอะตอมหนึ่งแล้วเกิดเป็นประจุเหมือนพันธะไอออนิก หากแต่เหมือนการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะนั้นๆและมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่รอบๆ แต่ละอะตอมเป็นไปตามกฎออกเตต



ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 ในธรรมชาติจะไม่สามารถอยู่เป็นอะตอมเดี่ยวได้ ซึ่งไม่เสถียรต้องรวมกันเป็นโมเลกุลซึ่งอาจจะมี 2 อะตอมหรือมากกว่า การที่ธาตุเฉื่อยมี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนแล้วทำให้เสถียรกว่าธาตุอื่นๆ ซึ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 ทำให้นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโครงสร้างของอะตอมที่มี 8 เวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นสภาพที่อะตอมเสถียรที่สุด ดังนั้นธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 จึงพยายามปรับตัวให้มีโครงสร้างแบบธาตุเฉื่อยเช่น โดยการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลหรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ8 ส่วนไฮโดรเจนจะพยายามปรับตัวให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 เหมือนธาตุ He

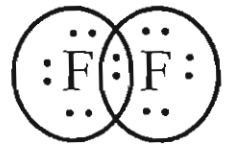
การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 นี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎออกเตต

ดังนั้นธาตุต่าง ๆ จึงพยายามรวมตัวกัน เพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งจะทำให้ได้สารประกอบหรือโมเลกุลที่อยู่ในสภาพที่เสถียร สำหรับการรวมตัวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์จะมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันถือว่าเป็นอิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะทั้งสอง

เช่น F_2 มีสูตรแบบจุดเป็น 

อะตอมของ F มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7

เมื่อเกิดพันธะโคเวเลนต์มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ซึ่งอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่ นี้ถือว่าเป็นของฟลูออรีนทั้ง 2 อะตอม ทำให้ฟลูออรีนแต่ละอะตอมใน F_2 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุแต่ละชนิดอาจจะแสดงให้เห็นได้ชัดเจนขึ้นโดยการเขียนวงกลมล้อมรอบแต่ละอะตอม จำนวนอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงกลมของธาตุใดก็จัดว่าเป็นของธาตุนั้น เช่น 

<u>พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด</u> คือ

1. พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H_2, F_2, CH_4, C_2H_6

2. พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO_2, C_2H_4

3. พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

การแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยใช้จุด 2 จุด หรืออาจใช้เส้น 1 เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ ระหว่างอะตอมทั้งสองเรียกว่า โครงสร้างลิวอิส จากตัวอย่างจะสังเกตเห็นว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนบางอิเล็กตรอนไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะ อิเล็กตรอนเหล่านี้จะเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

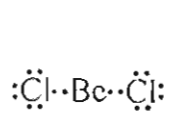
โมเลกุลของไฮโดรเจนฟลูออไรด์คลอรีนและน้ำมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวโมเลกุลละเท่าไร ในโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน O_2 ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจน 2 อะตอม ออกซิเจนมี 6 เวเลนซ์อิเล็กตรอน แต่ละอะตอมต้องการอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิด พันธะคู่ ตัวอย่างโมเลกุลโคเวเลนต์อื่นๆ ที่มีพันธะคู่ในโมเลกุล

ใบความรู้ เรื่อง โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

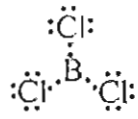
<u>โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต</u>

กฎออกเตตคือการที่อะตอมส่งอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน แล้วมีผลทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดของแต่ละอะตอมครบแปดอิเล็กตรอนเหมือนกับโครงสร้างของก๊าซเฉื่อย ซึ่งมีความเสถียรมาก (ยกเว้น H ครบ 2 เหมือนกับ He) เช่น H_2O แต่สารโคเวเลนต์บางชนิดใช้กับกฎนี้ไม่ได้ จึงมีข้อยกเว้นสำหรับกฎออกเตต ดังนี้

1. สารที่ไม่ครบออกเตต ได้แก่สารประกอบของธาตุ Be, B, Al เช่น $BeCl_2$, BCl_3



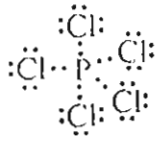
เบริลเลียมคลอไรด์



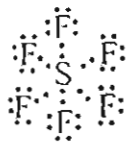
โบรอนไตรคลอไรด์

ในโมเลกุลเบริลเลียมคลอไรด์ พบว่าเบริลเลียมมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเพียง 4 อิเล็กตรอนเท่านั้น หรือในโมเลกุลของโบรอนไตรคลอไรด์ พบว่าโบรอนมีอิเล็กตรอนเพียง 6 อิเล็กตรอนเท่านั้น

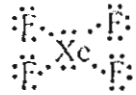
2. สารที่เกินออกเตต อะตอมของธาตุในโมเลกุลที่มีเวเลนต์อิเล็กตรอนมากกว่า 8 ได้แก่ สารประกอบของธาตุในคาบที่ 3 หมู่ 4 เป็นต้นไป เช่น



ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์



ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์



ซีนอลเตตระฟลูออไรด์

ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ (PCl_5) อะตอมฟอสฟอรัสใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 5 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับคลอรีน 5 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 10 อิเล็กตรอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) อะตอมกำมะถันใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 6 อิเล็กตรอนสร้างพันธะกับฟลูออรีน 6 พันธะ จึงมีอิเล็กตรอนล้อมรอบ 12 อิเล็กตรอน เช่นเดียวกับอะตอมของซีนอนในซีนอนเตตระฟลูออไรด์ (XeF_4)

แบบทดสอบเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

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

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกกากบาท (X) คำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1) ข้อใดถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์

ก. เป็นพันธะเคมีที่ยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุโลหะกับอโลหะ

ข. เป็นพันธะเคมีที่ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) ต่างกัน

ค. พันธะเคมีที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกัน

ง. ถูกทุกข้อ

2) ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สารโคเวเลนต์

ก. N_2O_2 ข. NaCl

ค. CO_2 ง. PCl_5

พิจารณาสมการเคมีต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 3) และ 4)

3) สัญลักษณ์ X หมายความว่าอย่างไร

ก. พันธะคู่ ข. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ค. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ง. พันธะสาม

4) สัญลักษณ์ Y หมายความว่าอย่างไร

ก. พันธะคู่ ข. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ค. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ง. พันธะสาม

5) โมเลกุลในข้อใดเป็นไปตามกฎออกเตต

ก. BF_3 ข. PCl_5

ค. SF_6 ง. NH_3

6) พันธะในโมเลกุลใดต่อนี้ไม่ใช่พันธะเดี่ยว

ก. Cl_2 ข. PCl_3

ค. CO_2 ง. SiH_4

7) พันธะในโมเลกุลใดต่อนี้เป็นพันธะคู่

ก. C_2H_4 ข. C_2H_2

ค. C_2H_6 ง. Cl_2

8) พันธะในโมเลกุลใดต่อนี้เป็นพันธะสาม

ก. N_2O ข. CF_4

ค. SiO_2 ง. N_2

9) จงแสดงโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล HCN

10) จงแสดงโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตมา 2 โมเลกุล

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบเป็นแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ ให้นักเรียนกากบาท (X) คำตอบที่ถูกเพียง 1 ตัวเลือกลงในกระดาษคำตอบ

1) พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ (ความเข้าใจ)

1. พันธะเคมีที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน
2. ยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุอโลหะกับอโลหะ
3. ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) ใกล้เคียงกัน

จากข้อมูลนี้หมายถึงอะไร

ก. พันธะโลหะ ข. พันธะไอออนิก

ค. พันธะโคเวเลนต์ ง. ถูกทุกข้อ

2) ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สารโคเวเลนต์ (ความรู้ความจำ)

ก. N_2O_2 ข. NaCl ค. CO_2 ง. PCl_5

3) เพราะเหตุใดโมเลกุลของ N_3 จึงยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะสาม (ความเข้าใจ)

ก. มีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่

ข. มีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่

ค. มีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่

ง. มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 3 คู่

4) พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้

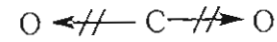
1. มีความยาวพันธะสั้น 2. ใช้พลังงานในการสลายพันธะสูง
3. อะตอมทั้งสองที่เกิดพันธะร่วมกันมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่
4. มีความแข็งแรงของพันธะสูงที่สุด

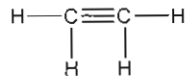
จากข้อมูลนี้หมายถึงข้อใด (ความเข้าใจ)

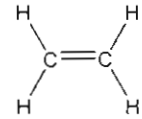
ก. พันธะเดี่ยว ข. พันธะคู่ ค.พันธะสาม ง. ไม่มีข้อถูก

5) เด็กชายแดงสอนการบ้านน้องสาวเรื่องโครงสร้างแบบลิวอิสตามกฎออกเตต เด็กชายแดงควรเลือกตัวอย่างในข้อใดเพื่อประกอบการสอนได้ชัดเจนที่สุด (การนำไปใช้)

ก.

ข. 

ค. 

ง. 

6) พิจารณาโมเลกุลต่อไปนี้

A. X เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 3

Y เป็นอะตอมล้อมรอบ 3 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 18, 7

B. X เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 4

Y เป็นอะตอมล้อมรอบ 4 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 7

C. X เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 5

Y เป็นอะตอมล้อมรอบ 3 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 18, 18, 7

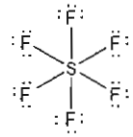
D. X เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 18, 6

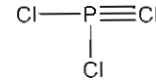
Y เป็นอะตอมล้อมรอบ 6 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 7

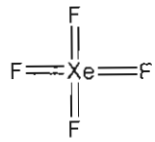
โมเลกุลใดที่เป็นไปตามกฎออกเตต (การวิเคราะห์)

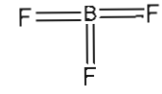
ก. A และ B ข. B และ C ค. C และ D ง. A B และ D

7) ครูสมศรีเป็นครูสอนวิชาเคมีซึ่งสอนนักเรียนชั้น ม.4 เรื่องสูตรโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ครูสมศรี<u>ควร</u>เลือกตัวอย่างในข้อใดเพื่อประกอบการสอนได้ชัดเจนที่สุด (การนำไปใช้)

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

8) สารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน เช่น NO อะตอมของไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนเป็นไปตามกฎออกเตตหรือไม่ (การประเมินค่า)

ก. ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต เพราะไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางเพียงแค่ 5 อิเล็กตรอนเท่านั้น

ข. ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต เพราะไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางเพียงแค่ 7 อิเล็กตรอนเท่านั้น

ค. ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต เพราะไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางเท่ากับ 8 อิเล็กตรอนเท่านั้น

ง. เป็นไปตามกฎออกเตต เพราะไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางเท่ากับ 8 อิเล็กตรอน

9) ข้อใดต่อไปนี้อ่านชื่อสารโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง (ความรู้ความจำ)

ก. N_2O_3 อ่านว่า ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์

ข. P_2O_5 อ่านว่า ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์

ค. N_2O อ่านว่า ไดไนโตรเจนออกไซด์

ง. $SiCl_4$ อ่านว่า ซิลิกอนเตตระคลอไรด์

10) ยาฆ่าแมลงที่ฉีดพ่นในสวนลำไยยี่ห้อหนึ่งเป็นสารโคเวเลนต์ที่มีองค์ประกอบของคลอไรด์ อยากทราบว่าฉลากที่ติดบนขวดของยาฆ่าแมลงนี้ควรแสดงสูตรโคเวเลนต์ตามกฎออกเตตแบบใดจึงเหมาะสมที่สุด (การนำไปใช้)

ก. $AsCl_3$ ข. PCl_4 ค. NCl_5 ง. $SeCl_6$

11) จากสูตรโมเลกุลต่อไปนี้

A. F เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 4

G เป็นอะตอมล้อมรอบ 2 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 6

B. F เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 3

G เป็นอะตอมล้อมรอบ 3 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 7

C. F เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 5

G เป็นอะตอมล้อมรอบ 3 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 1

D. F เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 5

G เป็นอะตอมล้อมรอบ 5 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 18, 7

โมเลกุลใดเป็นไปตามกฎออกเตตและโมเลกุลใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (การวิเคราะห์)

ข้อ	เป็นไปตามกฎออกเตต	ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต
ก.	A และ C	B และ D
ข.	A และ B	C และ D
ค.	A C และ D	B
ง.	A	B C และ D

12) สารประกอบบางชนิดที่มีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบการเรียกชื่อจะไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าสารนั้นประกอบด้วย H 2 อะตอม และ O 1 อะตอม ควรเรียกชื่อสารดังกล่าวว่าอย่างไร (ความรู้ความจำ)

ก. ไฮโดรเจนออกไซด์ ข. ออกซิเจนไฮไดรด์

ค. น้ำ ง. ไฮโดรเจนออกซิเจน

13) เด็กชายแดงอ่านชื่อของสารโคเวเลนต์ PI_3 ว่า ฟอสฟอรัสไตรโอไดด์ อยากทราบว่าเด็กชายแดงอ่านชื่อของสารโคเวเลนต์ถูกหรือไม่ (การประเมินค่า)

ก. ผิด เพราะ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยธาตุสองชนิดให้อ่านชื่อธาตุที่อยู่ตัวหลังก่อนแล้วจึงอ่านชื่อธาตุที่อยู่ตัวหน้า

ข. ผิด เพราะ การระบุจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลนั้นหากธาตุตัวแรกมีเพียงอะตอมเดียวควรระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้นด้วย

ค. ถูก เพราะ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยธาตุสองชนิดให้อ่านชื่อธาตุที่อยู่ตัวแรกก่อนแล้วจึงอ่านชื่อธาตุที่อยู่ตัวหลังและไม่ต้องระบุจำนวนอะตอมของธาตุตัวแรกหากมีเพียงอะตอมเดียว

ง. ไม่มีข้อใดถูก

14) พันธะชนิดใดมีความยาวพันธะยาวที่สุด (ความรู้ความจำ)

ก. พันธะเดี่ยว ข. พันธะคู่ ค. พันธะสาม ง. ถูกทุกข้อ

15) ถ้าสลายพันธะของ H-Br ในโมเลกุลเพื่อให้ได้อะตอมของ H และ Br จะต้องใช้พลังงานอย่างน้อย 366 KJ/mol หากต้องการสร้างพันธะของ H-Br จะต้องให้พลังงานอย่างน้อยเท่าไร (ความเข้าใจ)

$$HBr(g) \longrightarrow H(g) + Br(g) + X \text{ KJ/mol}$$

ก. 183 KJ/mol ข. 366 KJ/mol ค. 549 KJ/mol ง. 732 KJ/mol

16) นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความ "ความยาวพันธะของโมเลกุลของ C_2H_6 มีค่ามากกว่าความยาวพันธะของโมเลกุลของ C_2H_2" (การประเมินค่า)

ก. เห็นด้วย เนื่องจากโมเลกุลของ C_2H_6 คาร์บอนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวซึ่งมีความยาวพันธะมากกว่าพันธะสามในโมเลกุลของ C_2H_2

ข. เห็นด้วย เนื่องจากโมเลกุลของ C_2H_6 คาร์บอนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะคู่ซึ่งมีความยาวพันธะมากกว่าพันธะสามในโมเลกุลของ C_2H_2

ค. ไม่เห็นด้วย เนื่องจากโมเลกุลของ C_2H_6 คาร์บอนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวซึ่งมีความยาวพันธะน้อยกว่าพันธะสามในโมเลกุลของ C_2H_2

ง. ไม่มีข้อถูก

17) จงเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนในสารต่อไปนี้ (การวิเคราะห์) A. C_2H_2 B. C_2H_4 C. C_2H_6

ข้อ	ความยาวพันธะ	พลังงานพันธะ
ก.	B>A>C	C>A>B
ข.	C>B>A	C>B>A
ค.	A>B>C	C>B>A
ง.	C>B>A	A>B>C

18) ข้อใดคือผลพวงจากเกิดเรโซแนนซ์ (ความรู้ความจำ)

ก. โมเลกุลสูญเสียความแข็งแรง ข. โมเลกุลมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น

ค. รูปร่างโมเลกุลเปลี่ยนแปลงไป ง. ถูกทุกข้อ

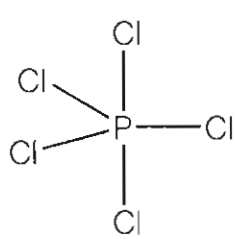
19) พิจารณาโมเลกุลต่อไปนี้

A. O_3 B. NO_2 C. C_6H_6 D. H_2O

ข้อใดไม่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ (การวิเคราะห์)

ก. A และ B ข. B เท่านั้น ค. C และ D ง. D เท่านั้น

20) โมเลกุลของ PCl_5 มีโครงสร้างดังภาพ อยากทราบว่าโมเลกุลนี้มีรูปร่างแบบใด (ความรู้ความจำ)



ก. สามเหลี่ยมแบนราบ

ข. ทรงสี่หน้า

ค. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม

ง. พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม

21) เพราะเหตุใดโมเลกุลของ $BeCl_2$ และ SO_2 จึงมีรูปร่างที่ต่างกันทั้งที่สองโมเลกุลนี้มีอะตอมล้อมรอบเท่ากับ 2 เท่ากัน (ความเข้าใจ)

ก. ขนาดอะตอมของ Be ใหญ่กว่า S

ข. พลังงานในการสลายพันธะของ $BeCl_2$ น้อยกว่า SO_2

ค. โมเลกุลของ $BeCl_2$ ไม่มีขั้วแต่โมเลกุลของ SO_2 มีขั้ว

ง. Be ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือแต่ S มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือ

22) โมเลกุลของ AsF_5 SF_6 NH_3 $XeCl_2$ มีรูปร่างโมเลกุลแบบใด (ความรู้ความจำ)

ก. ทรงแปดหน้า,พีระมิดฐานสามเหลี่ยม,สามเหลี่ยมแบนราบ,มุมงอ

ข. พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม,ทรงแปดหน้า,พีระมิดฐานสามเหลี่ยม,เส้นตรง

ค. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม,ทรงแปดหน้า,พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม,เส้นตรง

ง. พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม,ทรงแปดหน้า,รูปตัวที,มุมงอ

23) นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า " โมเลกุลของ BCl_3 มีมุมระหว่างพันธะมากกว่าโมเลกุล NH_3" (การประเมินค่า)

ก. ไม่เห็นด้วย เนื่องจากโมเลกุลของ BCl_3 เป็นโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่จึงส่งผลให้มุมระหว่างพันธะน้อยกว่าโมเลกุล NH_3 ซึ่งไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่

ข. ไม่เห็นด้วย เนื่องจากโมเลกุลของ BCl_3 เป็นโมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่จึงส่งผลให้มุมระหว่างพันธะน้อยกว่าโมเลกุล NH_3 ซึ่งมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่

ค. เห็นด้วย เนื่องจากโมเลกุลของ BCl_3 เป็นโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่จึงส่งผลให้มุมระหว่างพันธะมากกว่าโมเลกุล NH_3 ซึ่งไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่

ง. เห็นด้วย เนื่องจากโมเลกุลของ BCl_3 เป็นโมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่จึงส่งผลให้มุมระหว่างพันธะมากกว่าโมเลกุล NH_3 ซึ่งมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่

24) โมเลกุล X มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 3 คู่ โมเลกุล X มีรูปร่างโมเลกุลแบบใด (การสังเคราะห์)

ก. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม ข. สี่เหลี่ยมแบนราบ ค. เส้นตรง ง. มุมงอ

25) พิจารณาโมเลกุลต่อไปนี้ โมเลกุลใดมีขั้วและโมเลกุลใดไม่มีขั้ว (การวิเคราะห์)

A. I เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 3

J เป็นอะตอมล้อมรอบ 3 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 7

B. I เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 6

J เป็นอะตอมล้อมรอบ 2 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 1

C. I เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 4

J เป็นอะตอมล้อมรอบ 4 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 7

D. I เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, ,8, 18, 18, 8

J เป็นอะตอมล้อมรอบ 4 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 18, 7

E. I เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 18, 18, 6

J เป็นอะตอมล้อมรอบ 6 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 7

F. I เป็นอะตอมกลาง มีระดับชั้นพลังงาน 2, 8, 6

J เป็นอะตอมล้อมรอบ 2 อะตอม มีระดับชั้นพลังงาน 2, 6

ข้อ	โมเลกุลมีขั้ว	โมเลกุลไม่มีขั้ว
ก.	B F D	A C E
ข.	A C E	B F D
ค.	A C D	B F E
ง.	B F E	A C D

26) ข้อใดอธิบายได้ถูกต้องที่สุดสำหรับโมเลกุล O_3 และ PCl_5 (ความเข้าใจ)

ก. O_3 และ PCl_5 เป็นโมเลกุลมีขั้วและพันธะไม่มีขั้ว

ข. O_3 และ PCl_5 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วและพันธะมีขั้ว

ค. O_3 เป็นโมเลกุลมีขั้วและพันธะไม่มีขั้ว แต่ PCl_5 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วและพันธะมีขั้ว

ง. O_3 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วและพันธะมีขั้ว แต่ PCl_5 เป็นโมเลกุลมีขั้วและพันธะไม่มีขั้ว

27) นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า "กรดไฮโดรคลอริก (HCl) มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแข็งแรงกว่าน้ำแข็งแห้ง (CO_2)" (การประเมินค่า)

ก. เห็นด้วย เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นโมเลกุลมีขั้วยึดเหนี่ยวด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ซึ่งเป็นแรงที่แข็งแรงกว่าแรงลอนดอลในน้ำแข็งแห้ง (CO_2) ที่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

ข. เห็นด้วย เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นโมเลกุลมีขั้วยึดเหนี่ยวด้วยแรงลอนดอลซึ่งเป็นแรงที่แข็งแรงกว่าแรงแวนเดอร์วาลส์ในน้ำแข็งแห้ง (CO_2) ที่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

ค. ไม่เห็นด้วย เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นโมเลกุลมีขั้วยึดเหนี่ยวด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ซึ่งเป็นแรงที่อ่อนแอกว่าแรงลอนดอลในน้ำแข็งแห้ง (CO_2) ที่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

ง. ไม่เห็นด้วย เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และน้ำแข็งแห้ง (CO_2) ที่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วยึดเหนี่ยวด้วยแรงลอนดอลจึงมีความแข็งแรงของพันธะเท่ากัน

28) เมื่อให้ความร้อนกับโมเลกุลของน้ำและ I_2 ควรทำอย่าไรเพื่อให้โมเลกุลทั้งสองเดือดพร้อมกัน (การนำไปใช้)

ก. เปลี่ยนภาชนะในการต้มของสารทั้งสอง

ข. เพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้เท่ากับอุณหภูมิของ I_2

ค. เพิ่มเวลาในการต้มของสารทั้งสอง

ง. ไม่มีข้อใดถูก

29) พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ (การสังเคราะห์)

1. เป็นอัญรูปหนึ่งของคาร์บอนและเป็นผลึกโคเวเลนต์

2. คาร์บอนแต่ละอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอีก 4 อะตอมที่อยู่ล้อมรอบ

3. การจัดเรียงอะตอมในผลึกคล้ายตาข่ายโยงกันทั้ง 3 มิติ

4. ไม่นำไฟฟ้าและมีจุดหลอมเหลวสูง

อยากทราบว่าข้อมูลทั้งหมดคือสารใด

ก. เพชร ข. แกรไฟต์ ค. SiO_2 ง. ไม่มีข้อถูก

30) เพราะเหตุใดโมเลกุลของ SiO_2จึงมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่าโมเลกุลของ SiH_4 (ความเข้าใจ)

ก. โมเลกุลของ SiO_2 ยึดเหนี่ยวด้วยแรงลอนดอนจึงมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่า

ข. โมเลกุลของ SiO_2 เป็นสารมีขั้วจึงมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่า

ค. โมเลกุลของ SiO_2 มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีจึงมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่า

ง. อะตอมในโมเลกุลของ SiO_2 สร้างพันธะโคเวเลนต์ยึดเหนี่ยวกันทั้งสามมิติจึงมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่า

เฉลย

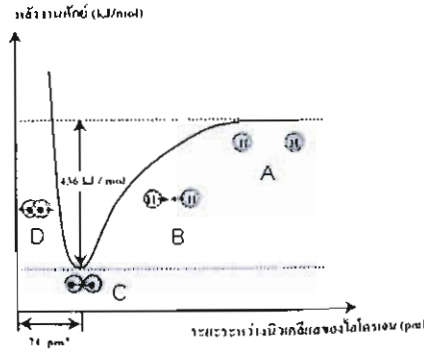
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ค	11	ก	21	ง
2	ข	12	ค	22	ข
3	ค	13	ค	23	ง
4	ค	14	ก	24	ค
5	ง	15	ข	25	ค
6	ข	16	ก	26	ค
7	ก	17	ง	27	ก
8	ข	18	ข	28	ข
9	ค	19	ง	29	ก
10	ก	20	ง	30	ง

แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบเป็นแบบปรนัยจำนวน 12 ข้อ ให้นักเรียนตอบคำถามด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในกระดาษคำตอบ

1) ถ้าการเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลของไฮโดรเจนมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานดังรูปถามว่าระยะระหว่างอะตอมที่ตำแหน่งใดที่ทำให้โมเลกุลไฮโดรเจนมีความเสถียรที่สุดเพราะเหตุใด (การวิเคราะห์)



ก. จุด A เนื่องจากมีพลังงานศักย์มากที่สุด
ข. จุด B เนื่องจากมีพลังงานศักย์สมดุลที่สุด
ค. จุด C เนื่องจากมีพลังงานศักย์ต่ำที่สุด
ง. จุด D เนื่องจากนิวเคลียสของธาตุอยู่ชิดกันที่สุด

2) เพราะเหตุใดธาตุหมู่ VIIIA หรือที่เรียกว่าแก๊สเฉื่อยจึงเป็นธาตุที่มีเสถียรภาพสูงสุด (การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. เนื่องจากธาตุหมู่ VIIIA มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเกิน 8 ตัวซึ่งเป็นไปตามกฎออกเตตที่ว่าอะตอมของธาตุต่างๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเกิน 8 มีแนวโน้มจะปรับสภาพให้มีเสถียรภาพมากขึ้นโดยการรวมตัวกันเองหรือรวมกับธาตุอื่นเพื่อให้อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

ข. เนื่องจากธาตุหมู่ VIIIA มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ตัวซึ่งเป็นไปตามกฎออกเตตที่ว่าอะตอมของธาตุต่างๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 มีแนวโน้มจะปรับสภาพให้มีเสถียรภาพมากขึ้นโดยการรวมตัวกันเองหรือรวมกับธาตุอื่นเพื่อให้อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

ค. เนื่องจากธาตุหมู่ VIIIA มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 ตัวซึ่งเป็นไปตามกฎออกเตตที่ว่าอะตอมของธาตุต่างๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 มีแนวโน้มจะปรับสภาพให้มีเสถียรภาพมากขึ้นโดยการรวมตัวกันเองหรือรวมกับธาตุอื่นเพื่อให้อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

ง. ไม่มีข้อถูก

3) โมเลกุลของ NH_4^+ จัดเป็นสารโคเวเลนต์ที่มีพันธะเป็นแบบโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์เพราะเหตุใด (การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. มีการใช้อิเล็กตรอนในการเกิดพันธะรอบอะตอมไนโตรเจนเท่ากับ 4 คู่

ข. มีการใช้อิเล็กตรอนในการเกิดพันธะรอบอะตอมไนโตรเจนเท่ากับ 3 คู่เนื่องจากไฮโดรเจนอะตอมหนึ่งขาดอิเล็กตรอนจึงไม่สามารถสร้างพันธะได้

ค. มีการใช้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่ไนโตรเจน 1 คู่ร่วมกันในการเกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ ยึดระหว่าง NH_3 กับ H^+

ง. ถูกทุกข้อ

4) เพราะเหตุใดโมเลกุลของ BF_3 จึงจัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. เนื่องจากโมเลกุลของ BF_3 มีจำนวนอิเล็กตรอนล้อมรอบอะตอมกลาง 12 อิเล็กตรอนซึ่งเกินกว่า 8 อิเล็กตรอนจึงจัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข. เนื่องจากโมเลกุลของ BF_3 มีจำนวนอิเล็กตรอนล้อมรอบอะตอมกลาง 10 อิเล็กตรอนซึ่งเกินกว่า 8 อิเล็กตรอนจึงจัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ค. เนื่องจากโมเลกุลของ BF_3 มีจำนวนอิเล็กตรอนล้อมรอบอะตอมกลางเพียง 3 อิเล็กตรอนซึ่งน้อยกว่า 8 อิเล็กตรอนจึงจัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ง. เนื่องจากโมเลกุลของ BF_3 มีจำนวนอิเล็กตรอนล้อมรอบอะตอมกลางเพียง 6 อิเล็กตรอนซึ่งน้อยกว่า 8 อิเล็กตรอนจึงจัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

5) เด็กชายกวิน อ่านชื่อของสารโคเวเลนต์ Cl_2O_7 ว่า ไดคลอรีนออกไซด์ อยากทราบว่าเด็กชายกวินอ่านชื่อสารโคเวเลนต์ถูกหรือไม่ เพราะเหตุใด (การลงข้อสรุปของข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล)

ก. ถูกต้อง เนื่องจากการอ่านชื่อของสารโคเวเลนต์ให้อ่านตัวหน้าก่อนพร้อมกับระบุจำนวนของธาตุแล้วจึงอ่านตัวหลังตามโดยไม่ต้องระบุจำนวนธาตุ

ข. ไม่ถูกต้อง เนื่องจากการอ่านชื่อของสารโคเวเลนต์ให้อ่านระบุจำนวนธาตุตัวหน้าก่อนอ่านชื่อธาตุสำหับธาตุที่อยู่ลำดับแรกและมี 1 อะตอมให้ยกแว้นการระบุจำนวน แล้วจึงอ่านตัวหลังตามโดยต้องระบุจำนวนธาตุด้วย

ค. ไม่ถูกต้อง เนื่องจากการอ่านชื่อของสารโคเวเลนต์ให้อ่านตัวหน้าก่อนโดยไม่ต้องระบุจำนวนของธาตุแล้วจึงอ่านตัวหลังตามโดยไม่ต้องระบุจำนวนธาตุด้วยเช่นกัน

ง. ไม่มีข้อถูก

6) ก๊าซไฮโดรเจนสลายตัวเป็นอะตอมไฮโดรเจนดังสมการ $H_2(g) + 436\ kJ \longrightarrow 2H(g)$ ข้อใดต่อไปนี้อธิบายได้ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ (การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. โมเลกุลของไฮโดรเจนมีเสถียรภาพน้อยกว่าอะตอมของของไฮโดรเจน

ข. ถ้าให้พลังงาน 436 kJ แก่ก๊าซไฮโดรเจน 1 โมเลกุล จะสลายตัวเป็นอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม

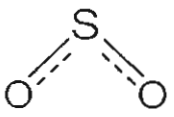
ค. อะตอมของไฮโดรเจนมีพลังงานต่ำกว่าโมเลกุลของไฮโดรเจน

ง. เมื่ออะตอมของไฮโดรเจนรวมตัวกันเป็นโมเลกุลของไฮโดรเจนจะมีการคายพลังงาน

7) ตารางแสดงการเปรียบเทียบพลังงานพันธะและความยาวพันธะระหว่างคาร์บอนและออกซิเจนในโมเลกุล CO CH_3OH และ CO_2 เป็นดังนี้ (การวิเคราะห์)

ข้อ	พลังงานพันธะ	ความยาวพันธะ
1.	CO มากกว่า CH_3OH	CO มากกว่า CH_3OH
2.	CO มากกว่า CO_2	CO มากกว่า CO_2
3.	CO_2 มากกว่า CH_3OH	CO_2 สั้นกว่า CH_3OH
4.	CO_2 น้อยกว่า CO	CO_2 สั้นกว่า CO

8) ข้อใดต่อไปนี้ให้อธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (การอธิบายตามหลักวิทยาศาสตร์)



ก. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของด้าน A และด้าน B มีค่าเท่ากันเนื่องจากโครงสร้างนี้สามารถเกิดการเรโซแนนซ์ได้

ข. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของด้าน A มีค่ามากกว่าด้าน B เนื่องจากโมเลกุลนี้สามารถเกิดไอโซเมอร์ได้

ค. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของด้าน B มีค่ามากกว่าด้าน A เนื่องจากโมเลกุลนี้สามารถเกิดการเรโซแนนซ์ได้

ง. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของด้าน A มีค่ามากกว่าด้าน B เนื่องจากโมเลกุลนี้สามารถเกิดไอโซเมอร์ได้

9) เหตุใดโมเลกุลของน้ำจึงมีรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบมุมงอและมุมระหว่างพันธะออกซิเจนกับไฮโดรเจนทั้งสองพันธะจึงไม่เท่ากับ 180 องศา แต่กลับเป็น 104.5 องศา
(การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. ออกซิเจนมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่ จึงพยายามผลักกับอิเล็กตรอนคู่ที่สร้างพันธะทำมุมระหว่างพันธะมีขนาดเล็กลง

ข. เพื่อลดระยะห่างระหว่างอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนให้น้อยที่สุด

ค. เพื่อให้อิเล็กตรอนคู่ที่สร้างพันธะกับไฮโดรเจนทั้งสองอะตอม มีโอกาสสลับเปลี่ยนกันได้ง่าย

ง. เพื่อลดขนาดของโมเลกุลให้โมเลกุลอยู่เบียดเสียดกันให้มากที่สุด

10) เพราะเหตุใดโมเลกุลของ NH_3 จึงจัดเป็นโมเลกุลมีขั้ว (การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. เนื่องจากอะตอมกลางของไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวสองคู่ ซึ่งเสริมอำนาจไฟฟ้าบวกของไนโตรเจน ทำให้ NH_3 เป็นโมเลกุลที่มีขั้ว

ข. เนื่องจากอะตอมกลางของไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวสองคู่ ซึ่งเสริมอำนาจไฟฟ้าลบของไนโตรเจน ทำให้ NH_3 เป็นโมเลกุลที่มีขั้ว

ค. เนื่องจากอะตอมกลางของไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวหนึ่งคู่ ซึ่งเสริมอำนาจไฟฟ้าลบของไนโตรเจน ทำให้ NH_3 เป็นโมเลกุลที่มีขั้ว

ง. เนื่องจากอะตอมกลางของไนโตรเจนไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่จึงเสริมอำนาจไฟฟ้าลบของไนโตรเจน ทำให้ NH_3 เป็นโมเลกุลที่มีขั้ว

11) โมเลกุลโคเวเลนต์มักมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ เป็นเพราะเหตุใด
(การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. เนื่องจากพลังงานพันธะของโคเวเลนต์มีค่าต่ำ

ข. เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมมีค่าน้อย

ค. เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีค่าน้อย

ง. เนื่องจากแรงแวนเดอร์วาลส์มีค่ามากแต่พันธะโคเวเลนต์มีค่าน้อย

12) เพราะเหตุใดแกรไฟต์สามารถนำไฟฟ้าได้ (การอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์)

ก. เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นเป็นแรงแวนเดอร์วาลล์

ข. เนื่องจากพันธะระหว่างคาร์บอนในแกรไฟต์เป็นพันธะโลหะ

ค. เนื่องจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของคาร์บอนใช้ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์ไม่หมดจึงทำให้แกรไฟต์สามารถนำไฟฟ้าได้

ง. เนื่องจากพันธะระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนไม่แข็งแรงสลายได้ง่ายเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า

เฉลย

แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ค	7	ค
2	ข	8	ก
3	ค	9	ก
4	ง	10	ค
5	ข	11	ค
6	ง	12	ค