การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.เสาวลักษณ์ โรมา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....กรรมการ
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(ดร.เสาวลักษณ์ โรมา)

.....กรรมการ
(ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร.เสาวลักษณ์ โรมา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้งานและวิจารณ์ผลงานทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนระยองวิทยาคม ตลอดจนเพื่อนครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ให้ความร่วมมืออย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อจตุพร คุณแม่ขนิษฐา นามนิมิตรานนท์ สมาชิกทุกคนในครอบครัว พี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์

56910192: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐาน/ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์/ การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์/ การให้เหตุผลทางวิทยาสตร์

นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (PROBLEM-BASED LEARNING TO PROMOTE CONCEPT ANALYTICAL THINKING AND SCIENTIFIC REASONING ON BASIC CHEMISTRY 10th GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด., เสาวลักษณ์ โรมา, กศ.ด. 224 หน้า. ปี พ.ศ. 2558

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 38 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในวิชาเคมีพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการทดสอบ *t-test* แบบ Dependent sample และการทดสอบ *t-test* แบบ One sample

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75

3. นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

56910192: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: PROBLEM-BASED LEARNING/ SCIENTIFIC CONCEPT/ SCIENTIFIC ANALYTICAL THINKING/ SCIENTIFIC REASONING

NATTAKAN NAMNIMITRANON: PROBLEM-BASED LEARNING TO PROMOTE CONCEPT ANALYTICAL THINKING AND SCIENTIFIC REASONING ON BASIC CHEMISTRY 10th GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: CHAED SIRISAWAT, Ed.D., SAOWALUK ROMA, Ed.D. 224 P. 2015.

The purpose of this research study was to develop concept, analytical thinking and scientific reasoning with Problem-based learning for 10th grade students on Basic Chemistry. The samples in this research were thirty-eight 10th grade students at Rayongwittayakom School, in the first semester of the 2014 academic year. They were selected by using cluster random sampling technique. Instruments were lesson plans of Problem-based learning on Ionic Bond, the scientific concept, the scientific analytical thinking and the scientific reasoning test. The data were analyzed by using *t-test* for dependent samples and *t-test* for one sample.

The findings were as follows:

1. The scientific concepts after learning with Problem-based learning on Basic Chemistry shows higher score compared to before learning with the Problem-based learning at the significance level .05

2. The scientific concepts after learning with Problem-based learning on Basic Chemistry were found to be lower than the set 75% criterion.

3. The scientific analytical thinking after learning with Problem-based learning on Basic Chemistry shows higher score compared to before learning with the Problem-based learning at the significance level .05

4. The scientific seasoning after learning with Problem-based learning on Basic Chemistry shows higher score compared to before learning with the Problem-based learning at the significance level .05

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5

สมมติฐานการวิจัย..... 5

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 6

ขอบเขตการวิจัย..... 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 8

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551..... 12

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้..... 26

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน..... 38

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 58

การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์..... 67

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์..... 78

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 85

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 88

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย..... 88

รูปแบบการวิจัย..... 88

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	89
	การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	89
	วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	102
	การวิเคราะห์ข้อมูล	103
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	103
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	107
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	107
	การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	107
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	108
5	สรุปผลอภิปรายและข้อเสนอแนะ	112
	สรุปผลการวิจัย	112
	อภิปรายผลการวิจัย	113
	ข้อเสนอแนะ	120
บรรณานุกรม		122
ภาคผนวก		130
	ภาคผนวก ก	131
	ภาคผนวก ข	136
	ภาคผนวก ค	161
	ภาคผนวก ง	166
ประวัติย่อของผู้วิจัย		224

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก	24
2	โครงสร้างของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	44
3	รูปแบบการบันทึกสิ่งที่รู้ สิ่งที่ต้องรู้และแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหา	46
4	เกณฑ์การให้คะแนนในการตอบ	77
5	เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์	78
6	เกณฑ์การให้คะแนนการทำข้อสอบอัตนัย ทักษะ/ กระบวนการ การให้เหตุผล	83
7	เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์	85
8	แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design	89
9	การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้สาระที่ 3 เรื่อง พันธะไอออนิก	90
10	การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	94
11	วิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์	99
12	วิเคราะห์เนื้อหาตามกรอบที่กำหนดของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์	101
13	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน	108
14	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75	109
15	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน	110
16	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน	111
17	การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนเรียนและหลังเรียน	116
18	แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกโครงสร้างของสารประกอบ และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	137

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

19 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 2 เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก..... 139

20 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก..... 141

21 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก..... 143

22 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบ และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก.. 145

23 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก..... 146

24 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก..... 147

25 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก..... 148

26 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การให้คะแนนวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 149

27 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก..... 150

28 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์..... 152

29 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์..... 153

30 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์..... 155

31 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์..... 156

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

32 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน..... 158

33 คะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน..... 159

34 คะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน..... 160

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 8
2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน..... 53

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยยังถือว่าอยู่ในระดับต่ำ ขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของไทยก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้ (จินตนา สุจจานันท์, 2554, หน้า 22) และในศตวรรษที่ 21 เป็นศตวรรษที่ประเทศกำลังพัฒนาและประเทศไทยถูกดึงเข้าสู่เวทีแห่งการแข่งขัน และแน่นอนว่าประเทศไทยนั้นคงไม่สามารถก้าวไปถึงจุดที่ทัดเทียมกับประเทศคู่แข่งนั้นได้ ถ้าขาดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ดี (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 1) อีกทั้งโลกในปัจจุบันและอนาคตเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ซึ่งเป็นสังคมที่มีกระบวนการส่งเสริมให้สังคมใช้ประโยชน์จากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาความรู้ ความคิด และความสามารถของตน ซึ่งจะช่วยให้ชีวิตของคนในส่วนรวมเป็นไปอย่างราบรื่น (กรมการศึกษานอกโรงเรียน, 2538, หน้า 15 อ้างถึงใน จินตนา สุจจานันท์, 2554, หน้า 47) ดังนั้นการที่จะพัฒนาคุณภาพของคนได้จำเป็นต้องอาศัยการศึกษา (จินตนา สุจจานันท์, 2554, หน้า 48) อาจกล่าวได้ว่า การศึกษาเป็นรากฐานสำคัญในการเตรียมคนให้พร้อมที่จะเผชิญกับการเปลี่ยนแปลง การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นสิ่งสำคัญในการเตรียมการเปลี่ยนแปลงไปสู่สังคมแห่งการเรียนรู้นั้น โดยต้องจัดการศึกษาที่ดีที่มุ่งให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานและความสามารถในการปรับตัวสู่การพัฒนาทักษะที่จะสามารถศึกษาเรียนรู้ พร้อมรับการฝึกอบรมเพิ่มเติมรวมทั้งเป็นผู้ใฝ่รู้ ใฝ่ศึกษาตลอดชีวิต (จินตนา สุจจานันท์, 2554, หน้า 15) โดยเฉพาะในวิชาเคมี ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยี ด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับยา สิ่งทอ ยานยนตร์ ปิโตรเลียม ฯลฯ ซึ่งล้วนเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และต้องอาศัยความรู้และหลักการทางวิชาเคมีทั้งสิ้น จึงถือได้ว่าวิชาเคมีเป็นศูนย์กลางของวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้พื้นฐานทางเคมีมีความสำคัญต่อนักการศึกษาด้านชีววิทยา ฟิสิกส์ ธรณีวิทยา นิเวศวิทยา และอื่น ๆ ซึ่งทำให้วิชาเคมีมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเนื้อหาพื้นฐานของวิชาเคมีจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักเรียน นักเรียนต้องมีมโนทัศน์ เข้าใจหลักการ ความเป็นมา ทฤษฎีขั้นพื้นฐานที่ถูกต้องเสียก่อน จึงจะสามารถนำความรู้ในวิชาเคมีไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาส่วนต่อไปหรือในด้านต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง การจัดกระบวนการเรียนรู้มีส่วนสำคัญที่ครูต้องตระหนัก ที่ต้องสอนให้รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งความรู้ให้มากที่สุด ด้วยการเรียนรู้ภายใต้แนวคิดของนักวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ได้เห็นถึงความสำคัญในการเรียนวิชาเคมีมากยิ่งขึ้น รวมถึง

ได้ซึมซับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอน หลักการ และความมีเหตุผล ซึ่งจะเป็นการช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการรู้จักฝึกคิด ฝึกการให้เหตุผลอีกด้วย สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 มาตรา 24 ข้อ1-3 ที่กล่าวสรุปได้ว่า "การจัดกระบวนการเรียนรู้ ต้องจัดให้สอดคล้องกับความสนใจและความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ฝึกทักษะกระบวนการคิด การเผชิญสถานการณ์และประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา และให้ได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น" และนั่นจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และรู้จักแสวงหาความรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนก็มีเป้าหมาย เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนสามารถนำวิทยาศาสตร์ไปใช้พัฒนาชีวิตของตนเอง มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ใช้ความรู้และหลักการทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อการดำรงชีวิตในโลกวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้านี้ได้ และตามแนวทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เองก็มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 92) จะเห็นได้ว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการศึกษาในทุกระดับนั้น มุ่งฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักตัดสินใจอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยหลักฐานที่มีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ การพัฒนาการคิดวิเคราะห์จะต้องฝึกฝนให้นักเรียนมีทักษะในการอภิปรายโต้แย้ง ฝึกกระบวนการคิด ฝึกการใช้เหตุผล และทบทวนการใช้เหตุผล เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าควรเชื่อหรือไม่เชื่อ เนื่องจากโลกปัจจุบันเป็นยุคของข้อมูลข่าวสาร ที่มีอินเตอร์เน็ตเป็นช่องทางการสื่อสารที่ไร้พรมแดน ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องรู้จักเรียนรู้วิธีคิดวิเคราะห์ นั่นคือ รู้จักแยกแยะ วิเคราะห์ ประเมินและสรุปข้อมูล เพื่อให้สามารถเลือกและใช้ข้อมูลได้อย่างถูกต้องได้

จากผลการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) เป็นโครงการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจว่าระบบการศึกษาของประเทศได้เตรียมเยาวชนของชาติให้พร้อมสำหรับการใช้ชีวิตและการมีส่วนร่วมในสังคมในอนาคตเพียงพอหรือไม่ โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนวัย 15 ปี ที่จะใช้ความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน กล่าวคือ PISA มีโครงสร้างของการประเมินที่ประกอบด้วยหมวดเนื้อหา (Content) หมวดกระบวนการ (Process) และหมวดความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (Fundamental capabilities) ซึ่งการประเมินสมรรถนะ

ทางวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมถึงการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยลักษณะคำตอบของข้อสอบที่ต้องการ มีผสมกันระหว่างแบบเลือกตอบและข้อสอบที่ให้นักเรียนเขียนตอบได้อย่างอิสระ ข้อสอบเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2556, หน้า 1) ผลการประเมินพบว่า ในปี ค.ศ. 2006 2009 และ ค.ศ. 2012 นักเรียนไทยได้คะแนนด้านวิทยาศาสตร์ เฉลี่ย 429, 425 และ 444 คะแนน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไทย มีแนวโน้มคะแนนสูงขึ้น แต่ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของที่ OECD กำหนดไว้ที่ 500 คะแนน และถูกจัดไว้ในกลุ่มสมรรถนะวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อเทียบกับประเทศเอเชียกลุ่มคะแนนสูงที่มีนักเรียนกลุ่มต่ำจำนวนน้อยมาก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2556, หน้า 18-19) ผลการประเมิน PISA ที่มีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ต่ำนั้น ทำให้เห็นภาพชัดเจนว่า นักเรียนไทยยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ และความมีเหตุผล ที่อาจส่งผลเสียทั้งต่อตนเองและส่วนรวม หรือระดับชาติสำหรับการแข่งขัน ทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศให้ทัดเทียมกับนานาประเทศ (จินตนา สุจจานันท์, 2554, หน้า 18)

จากผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (Ordinary National Educational Test: O-NET) ปีการศึกษา 2556 ซึ่งเป็นการวัดผลระดับประเทศ ที่มีวัตถุประสงค์ข้อสำคัญที่มีผลโดยตรงกับนักเรียน คือ การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6, ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนยังมีคะแนนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ไม่สูงมากนัก กล่าวคือ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 35.37 และในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ย 33.10 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2555) ซึ่งยังมีผลคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 50% แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ยังต้องได้รับการพัฒนาให้มีคะแนนที่สูงขึ้น อาจกล่าวได้ว่าเรายังไม่ประสบความสำเร็จปฏิรูปการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร จากวิเคราะห์วัตถุประสงค์และลักษณะของข้อสอบ PISA และ O-NET รวมถึงข้อมูลจากการศึกษาชั้นเรียนของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเคมีพื้นฐาน ในชั่วโมงเรียน เรื่อง พันธะไอออนิก การสัมภาษณ์นักเรียนและการสัมภาษณ์ครู โรงเรียนระยองวิทยาคม จังหวัดระยอง ช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2556 ซึ่งทำให้ทราบว่านักเรียนขาดการเชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ หรืออาจกล่าวได้ว่านักเรียนไม่สามารถนำความรู้ในเนื้อหาที่ได้เรียนรู้แล้ว ซึ่งเป็นเนื้อหาที่จะเชื่อมโยงไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ได้ แสดงว่านักเรียนยังขาดมโนทัศน์ในวิชาเคมี จึงไม่สามารถนำมาอธิบายหรือขยายความรู้ต่อไปได้ซึ่งการขาดมโนทัศน์นั้น จะส่งผลไปถึงการคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผล

ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย อันเป็นความสามารถในการคิดระดับสูง (Higher order thinking) ที่มีความจำเป็นในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง จากผลการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ ผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ และการศึกษาชั้นเรียน ทำให้เห็นว่านักการศึกษา ครูและบุคคล ที่เกี่ยวข้องควรตระหนักในบทบาทหน้าที่ในการพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะเหล่านี้อย่างเร่งด่วน ดังนั้นการปฏิรูปการศึกษาไทยต้องปรับกระบวนทัศน์ใหม่ เพื่อรองรับกับสถานการณ์ข้างต้น จึงมองเห็นว่าการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ และนั่นอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสอนไปจากเดิม แต่ยังสอดรับกับแนวทางพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 ที่มีหัวใจสำคัญคือ การยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อพัฒนาทุก ๆ ด้านของนักเรียนอย่างสมดุล (ทองจันทร์ หงศ์ลดารมภ์, 2547, หน้า 16)

จากการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสอดคล้องในการแก้ปัญหาข้างต้น เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนใฝ่หาความรู้ ได้เผชิญกับงานหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาด้วยตนเองและหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตัวผู้เรียนเอง จะทำให้เกิดการสร้างองค์ความรู้นั้นด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียน จะเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและจดจำได้นาน ฝึกทักษะ กระบวนการคิด แก้ปัญหา มีการตัดสินใจที่ดี การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา รวมไปถึงยังสามารถเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่นอีกด้วย

นักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นและส่งเสริมการพัฒนากระบวนการคิด ซึ่งการเรียนรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น เป็นผลของกระบวนการทำงานที่มุ่งสร้างความเข้าใจและหาทางแก้ปัญหา ตัวปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ และเป็นตัวกระตุ้นต่อไปในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล และการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการ เพื่อสร้างความเข้าใจกลไกของตัวปัญหารวมทั้งวิธีการแก้ปัญหา (Barrow & Tamblyn, 1980, pp. 18 อ้างถึงใน พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์ และ Majamdar Basarti, 2544, หน้า 42) โดยตัวปัญหานั้น มาจากการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอน ที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยครูอาจนำนักเรียนไปเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหา แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือก และวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 137) สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภัทราภรณ์ เบ็ญจวรรณ์ (2554) ที่ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีการจัดการเรียนรู้

โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เกศสุดา แพรวกลาง (2554) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและงานวิจัยของศิริลักษณ์ วิทยา (2555) ที่ทำการพัฒนาชุดกิจกรรมเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาและความมีเหตุผล ซึ่งผลจากการศึกษาของงานวิจัยที่กล่าวมานั้น พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากคำกล่าวของนักการศึกษาและผลจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ พบว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะสามารถพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

จากความเป็นมาและความสำคัญดังที่กล่าวมาจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 75

3. เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน

4. เพื่อเปรียบเทียบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน

สมมติฐานการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในวิชาเคมีพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก ที่จะช่วยพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นได้

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาอื่น ๆ

3. นักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนวิชาเคมีและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาเคมีในเรื่องอื่น ๆ ได้

4. นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องต่อ ๆ ไปได้

5. นักเรียนจะสามารถนำการคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน มีจำนวน 7 ห้องเรียน จำนวนรวม 280 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มมาจำนวน 1 ห้องเรียนจากห้องเรียนทั้งหมด ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 38 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เรื่อง พันธะไอออนิก ในวิชาเคมีพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.1 การเกิดพันธะไอออนิก

3.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

3.3 การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

3.4 พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

3.5 สมบัติของสารประกอบไอออนิก

3.6 ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

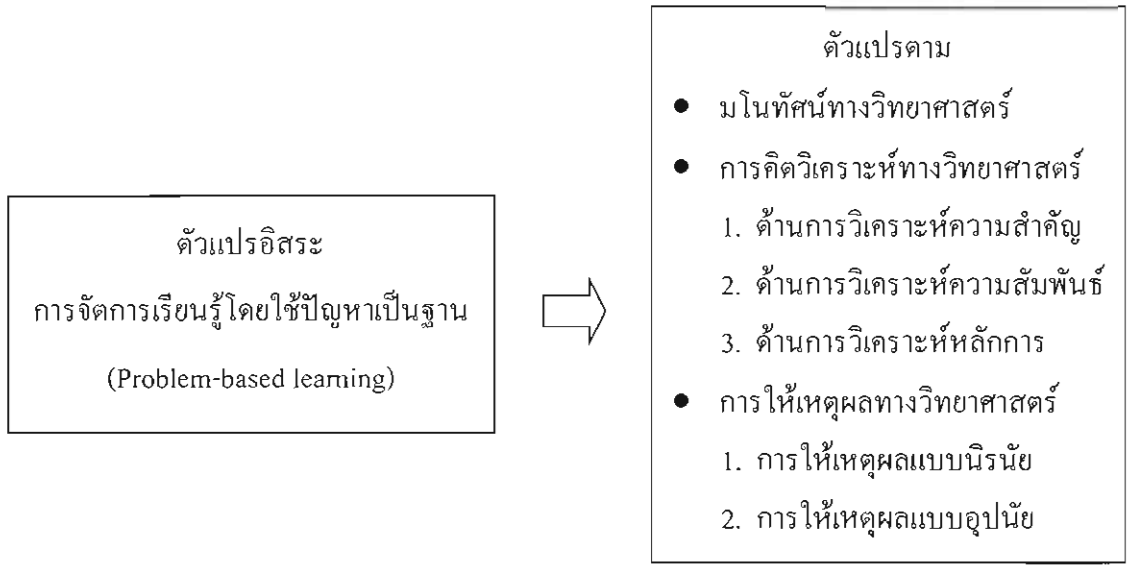
4. เนื่องจากกรอบเนื้อหาที่ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดขึ้นตามตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมีลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้เหมาะสมกับธรรมชาติเนื้อหาและปรับให้มีการกำหนดปัญหาย่อย ๆ ที่ขยายในส่วนของปัญหาหลัก เพื่อให้นักเรียนมีเป้าหมายในการได้มาซึ่งความรู้ที่ครบถ้วนตามตัวชี้วัด

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลอง 16 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

กรอบแนวคิด

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การนำแนวคิด หลักการของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งการเรียนรู้เป็นผลมาจากกระบวนการ ทำความเข้าใจและการแก้ปัญหาที่ใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ตามสภาพจริงมาเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก และวุฒิภาวะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานนั้น จะมีการเพิ่มเติมในส่วนของกิจกรรม หรือแหล่งการเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลที่ให้นักเรียนได้ใช้ในกระบวนการทำความเข้าใจและการแก้ปัญหาได้ ประกอบด้วย 6 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา เช่น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ที่เป็นปัจจุบัน เป็นต้น ที่สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้ อยากเรียน จนเกิดความสนใจ ที่จะค้นหาได้ โดยครูจะทำหน้าที่แนะนำแนวทาง ตั้งคำถามให้นักเรียนคิดต่อ และเพิ่มเติมกิจกรรมหรือแหล่งการเรียนรู้ เช่น แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ใบความรู้ การทดลอง เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ โดยร่วมกันตั้งคำถามในสิ่งที่ต้องการรู้ ระดมสมองหาแนวทางค้นหาคำตอบ โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นด้วยคำถามให้นักเรียนคิดละเอียดขึ้น ช่วยดูแลตรวจสอบความถูกต้องครอบคลุม

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนแบ่งงานและหน้าที่ กำหนดเป้าหมายของงาน และทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย โดยครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกเพิ่มเติมแหล่งการเรียนรู้ พร้อมทั้งศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันภาย ในกลุ่ม และครูร่วมแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นด้วย รวมถึงครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างความคิดรวบยอด ซึ่งนักเรียนทบทวนความรู้และสามารถหาความรู้เพิ่มเติมในสิ่งที่ยังไม่สามารถตอบคำถามนั้นได้

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสม หรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง ซึ่งครูจะทำหน้าที่ช่วยตรวจสอบองค์ความรู้ใหม่ และพิจารณาความเหมาะสมเพียงพอ

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย นักเรียนทุกกลุ่ม ทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน โดยครูทำหน้าที่ประเมินผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความคิดทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงกับข้อเท็จจริง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือประสบการณ์เดิม จนสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง ซึ่งทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก แล้วนำมาวิเคราะห์มโนทัศน์และให้คะแนนเป็นรายข้อ ตามการจัดลำดับมโนทัศน์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

2.1 มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2.2 มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ให้ 2 คะแนน

2.3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

2.4 ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

3. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก จำนวน 15 ข้อ ประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน โดยคำถามในส่วนที่ 1 จะเกี่ยวกับมโนทัศน์ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก และส่วนที่ 2 การบอกเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้น

4. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาอย่างรอบคอบสมเหตุสมผลเกี่ยวกับการจำแนก แยกแยะ องค์ประกอบด่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เพื่อค้นหาความหมายของสิ่งนั้น เป็นการคิดโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อการตัดสินใจ หรือสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งทำการวัดโดย ใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นที่ครอบคลุมความสามารถของนักเรียน 3 ด้าน คือ

4.1 ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาหรือจำแนกแจกแจงองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งของหรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่ามีสาเหตุอะไร สาระสำคัญอะไรมีปัจจัยอะไรบ้าง มีเหตุผลอย่างไรได้ชัดเจน

4.2 ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาความเกี่ยวข้องของส่วนสำคัญต่าง ๆ ของเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร เหตุใด จึงเป็นเช่นนั้นจะส่งผลกระทบอย่างไร

4.3 ด้านการวิเคราะห์หลักการ หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้นว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด

5. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน เป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 9 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการ โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

5.1 การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดีมาก หมายถึง ดอบคำถามได้ถูกต้องสามารถบอกเหตุผลได้อย่างถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์ ให้ 3 คะแนน

5.2 การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดี หมายถึง ตอบคำถามได้ถูกต้อง สามารถบอกเหตุผลได้ถูกต้องเป็นบางส่วน ให้ 2 คะแนน

5.3 การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ระดับพอใช้ หมายถึง ตอบคำถามได้บางส่วนเท่านั้น และไม่สามารถบอกเหตุผล ให้ 1 คะแนน

5.4 การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ระดับปรับปรุง หมายถึง ตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

6. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้ข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ระบุเหตุผลนั้น บนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และกำหนดกรอบเนื้อหาของแบบทดสอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 2 แบบ คือ

6.1 การให้เหตุผลแบบนิรนัย หมายถึง กระบวนการคิดที่เชื่อมโยงความรู้ทั่วไปที่ได้จากข้อมูล การสังเกต หรือประสบการณ์เดิม โดยใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎ เพื่ออธิบายและลงข้อสรุปของสิ่งใดสิ่งหนึ่งเฉพาะหน่วย

6.2 การให้เหตุผลแบบอุปนัย หมายถึง กระบวนการคิดที่เชื่อมโยงหาข้อสรุป ที่อ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วย เพื่อให้ได้หลักการทั่วไป

7. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบเขียนตอบ มีจำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน โดยครอบคลุมการให้เหตุผล 2 แบบ ได้แก่ การให้เหตุผลแบบนิรนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

7.1 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระดับดีมาก หมายถึง ตอบคำถามได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ และแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ ให้ 3 คะแนน

7.2 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระดับดี หมายถึง ตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ ให้ 2 คะแนน

7.3 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระดับพอใช้ หมายถึง ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนแต่ไม่แสดงเหตุผลประกอบคำตอบ ให้ 1 คะแนน

7.4 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระดับปรับปรุง หมายถึง ตอบคำถามไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

8. เกณฑ์ร้อยละ 75 หมายถึง เกณฑ์คะแนนที่ต่ำสุดที่ได้จากการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม ที่ยอมรับได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ซึ่งกำหนดเกณฑ์มาจากการประเมินของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน), 2555, หน้า 44)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้
3. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
5. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
6. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติ ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2. หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบและตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

3. จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

3.1 มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

4.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

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

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

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

4.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

4.2.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

4.2.2 ซื่อสัตย์สุจริต

4.2.3 มีวินัย

4.2.4 ใฝ่เรียนรู้

4.2.5 อยู่อย่างพอเพียง

4.2.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

4.2.7 รักความเป็นไทย

4.2.8 มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

5. มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

5.1 ภาษาไทย

5.2 คณิตศาสตร์

5.3 วิทยาศาสตร์

5.4 สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

5.5 สุขศึกษาและพลศึกษา

5.6 ศิลปะ

5.7 การงานอาชีพและเทคโนโลยี

5.8 ภาษาต่างประเทศ

6. ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

6.1 ตัวชี้วัดชั้นปี เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1-มัธยมศึกษาปีที่ 3)

6.2 ตัวชี้วัดช่วงชั้นเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

7. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้

กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ 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

8. คุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศและโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

9. มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1: เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2: เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม 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: เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ 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 สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1: เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2: เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

10. คุณภาพผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเหและความเข้มของแสง

- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้าและหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก แหล่งทรัพยากรธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ บนโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี การพัฒนาและผลของการพัฒนาเทคโนโลยีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- ตั้งคำถามที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูล และสร้างองค์ความรู้

- สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

- ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น

- แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

- ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

- เข้าใจการรักษาดุลยภาพของเซลล์และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

- เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

- เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว

- เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล

- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สมบัติของคลื่นกล

คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

- เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

- วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผล หรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

- สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

- อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

- แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้

- ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่าง มีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งให้ผู้เรียนเป็นคนดี มีปัญญา และมีความสุข อีกทั้งยังมีความมุ่งหวังจะพัฒนาให้ผู้เรียนนั้น เป็นกำลังในการพัฒนาประเทศต่อไปอีกด้วย ซึ่งผู้เรียนจะสามารถกระทำสิ่งเหล่านั้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้รับการฝึกให้เกิดทักษะชีวิตเพื่อให้ผู้เรียนนำมาประยุกต์ใช้ได้ ดังนั้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องเน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ให้มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ เกิดการคิดและการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยที่ผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนด้วยการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้บรรลุผลสอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่กำหนดคุณภาพผู้เรียนไว้เป็นเป้าหมายที่สำคัญนั่นเอง

11. สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

ว.3.1 ม.4-6/1 สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอม และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ

ว.3.1 ม.4-6/2 วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุ และการเกิดปฏิกิริยา

ว.3.1 ม.4-6/3 อธิบายการจัดเรียงธาตุ และทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ

ว.3.1 ม.4-6/4 วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและในโมเลกุลของสาร

ว.3.1 ม.4-6/5 สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

มาตรฐาน ว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

ว.3.2 ม.4-6/1 ทดลอง อธิบายและเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งอธิบายผลของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว.3.2 ม.4-6/2 ทดลองและอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว.3.2 ม.4-6/3 สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดปิโตรเลียม กระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ

ว.3.2 ม.4-6/4 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว.3.2 ม.4-6/5 ทดลองและอธิบายการเกิดพอลิเมอร์ สมบัติของพอลิเมอร์

ว.3.2 ม.4-6/6 อภิปรายการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์รวมทั้งผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้พอลิเมอร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว.3.2 ม.4-6/7 ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์และปฏิกิริยาบางชนิดของคาร์โบไฮเดรต

ว.3.2 ม.4-6/8 ทดลองและอธิบายองค์ประกอบประโยชน์และปฏิกิริยาบางชนิดของไขมันและน้ำมัน

ว.3.2 ม.4-6/9 ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์และปฏิกิริยาบางชนิดของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก

คำอธิบายรายวิชาเคมีพื้นฐาน รหัสวิชา ว30102 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ (โรงเรียนระยองวิทยาคม)

ศึกษาวิเคราะห์ เกี่ยวกับวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม โครงสร้างอะตอม สัญลักษณ์นิวเคลียร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างเวเลนซ์อิเล็กตรอนกับสมบัติของธาตุและการเกิดปฏิกิริยาเคมี วิวัฒนาการของการสร้างตารางธาตุ สมบัติของธาตุตามหมู่และตามคาบ ได้แก่ ขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน จุดเดือด จุดหลอมเหลว เลขออกซิเดชัน การเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและในโมเลกุลของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลวและสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร ชนิดของพันธะเคมี ศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก สมบัติของสารประกอบไอออนิก ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการวิเคราะห์อภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ สามารถตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ทั้งในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม เพื่อให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่น

ในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ซื่อสัตย์สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ อยู่อย่างพอเพียง มุ่งมั่นในการทำงานรักความเป็นไทยและมีจิตสาธารณะ

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบาย วิเคราะห์ เปรียบเทียบ การศึกษาเกี่ยวกับอะตอมและแบบจำลองอะตอม ชนิดและจำนวนอนุภาคมูลฐานของอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอน ในระดับพลังงานต่าง ๆ ได้

2. สำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์ ข้อมูล อภิปราย อธิบาย เกี่ยวกับการจัดธาตุลงในตารางธาตุ แนวโน้มของขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน จุดหลอมเหลว จุดเดือด และเลขออกซิเดชัน ของธาตุตามหมู่และตามคาบได้

3. สำรวจตรวจสอบ อธิบาย อภิปราย และวิเคราะห์ข้อมูล เกี่ยวกับการเกิดพันธะเคมี และชนิดของพันธะเคมีได้

4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับกฎออกเตต การเกิดพันธะไอออนิก และโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้

5. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้

6. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบาย เกี่ยวกับพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้

7. ทดลอง อภิปราย และอธิบาย เกี่ยวกับการละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำได้

8. ทดลอง อภิปราย และ เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้

ตารางที่ 1 แสดงหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก

ผลการเรียนรู้	พันธะไอออนิก
1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับกฎออกเตต การเกิดพันธะไอออนิก และโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	1. การเกิดพันธะไอออนิก
2. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	2. โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก
3. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้	3. การเขียนสูตรและการเขียนชื่อสารประกอบ
4. ทดลอง อภิปราย และอธิบาย เกี่ยวกับการละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำได้	4. พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก
5. ทดลอง อภิปราย และ เขียนสมการไอออนิก และสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้	5. สมบัติของสารประกอบไอออนิก
	6. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

สรุปสาระสำคัญ ดังนี้

อะตอมของธาตุโลหะมีขนาดใหญ่และมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ต่ำ จึงมีแนวโน้มที่จะเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายเกิดเป็นไอออนบวกที่มีประจุเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่เสียไป ส่วนอะตอมของธาตุอโลหะมีขนาดเล็กและมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 สูง จึงมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออนลบที่มีประจุเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่รับ เมื่ออะตอมของโลหะรวมตัวกับอโลหะจะมีการให้และรับอิเล็กตรอนเพื่อปรับให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นไปตามกฎออกเตต

ไอออนบวกและไอออนลบยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เกิดเป็นพันธะเรียกว่า พันธะไอออนิก และสารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก เรียกว่า สารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกที่สถานะของแข็งประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่ กับไอออนลบต่อเนื่องสลับกันไปทั้งสามมิติและแยกเป็นโมเลกุลเดี่ยวไม่ได้

โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุ ขนาดของไอออนและโครงสร้างผลึกของสารนั้น ๆ

การเขียนสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุหมู่ IA IIA และ IIIA กับหมู่ธาตุ VA ซึ่งควรจะเขียนได้ดังนี้ M_3X M_3X_2 และ MX พร้อมทั้งเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกนั้นด้วย ซึ่งการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจะเรียกชื่อไอออนบวกตามด้วยไอออนลบ โดยเรียกชื่อตามชื่อธาตุส่วนธาตุที่เกิดเป็นไอออนบวกได้มากกว่า 1 ชนิด ให้เรียกชื่อธาตุนั้นและระบุตัวเลขประจุหรือเลขออกซิเดชันของไอออนนั้นในวงเล็บเป็นเลขโรมัน

การเกิดสารประกอบไอออนิกมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นหลายขั้น ซึ่งในแต่ละขั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน โดยอาจเป็นการดูดพลังงานหรือคายพลังงาน

ปฏิกิริยาที่มีการดูดพลังงานมากกว่าการคายพลังงาน จัดเป็นปฏิกิริยาแบบดูดพลังงาน ค่า ΔH จะมีเครื่องหมายเป็นบวก ส่วนปฏิกิริยาที่มีการคายพลังงานมากกว่าการดูดพลังงาน จัดเป็นปฏิกิริยาแบบคายพลังงาน ค่า ΔH จะมีเครื่องหมายเป็นลบ

สารประกอบไอออนิกประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรง เมื่อทุบผลึกของสารประกอบไอออนิก ไอออนชนิดเดียวกันจะเลื่อนไปอยู่ตรงกัน จึงเกิดแรงผลักระหว่างไอออน เป็นสาเหตุให้ผลึกเปราะและแตกได้ง่าย

เมื่อเป็นของแข็งไฟฟ้า เพราะไอออนที่เป็นองค์ประกอบยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรงจนเคลื่อนที่ไม่ได้ แต่เมื่อทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำ จะนำไฟฟ้าเพราะไอออนเคลื่อนที่ได้

สารประกอบไอออนิก มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดมีสภาพละลายได้แตกต่างกัน บางชนิดมีค่าสภาพละลายได้สูง บางชนิดมีสภาพละลายต่ำมาก และบางชนิดไม่ละลายในน้ำ

เมื่อผสมสารสองชนิดเข้าด้วยกันแล้วไม่มีตะกอนเกิดขึ้น แสดงว่าไอออนในสารละลายไม่รวมตัวกัน จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี

เมื่อผสมสารสองชนิดเข้าด้วยกันแล้วมีตะกอนเกิดขึ้น แสดงว่าไอออนในสารละลายรวมตัวกันเกิดเป็นสารใหม่ที่ไม่ละลายน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาเคมี

นอกจากจะทำการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้ว การวิจัยในครั้งนี้ ต้องศึกษาคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ของสถานศึกษานั้น ๆ เพิ่มเติมอีกด้วย เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างครบถ้วนทั้งเนื้อหาที่ได้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กับกระบวนการ คือ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

1. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ (Piaget, 1963) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการทางด้านความคิดของเด็กว่ามีขั้นตอนหรือกระบวนการอย่างไร ทฤษฎีของเพียเจต์ตั้งอยู่บนรากฐานของทั้งองค์ประกอบที่เป็นพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม เขาอธิบายว่า การเรียนรู้ของเด็กเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งจะมีพัฒนาการไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น พัฒนาการเป็นสิ่งที่เป็นไปตามธรรมชาติ ไม่ควรที่จะเร่งเด็กให้ข้ามจากพัฒนาการจากขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่ง เพราะจะทำให้เกิดผลเสียแก่เด็ก แต่การจัดประสบการณ์ส่งเสริมพัฒนาการของเด็กในช่วงที่เด็กกำลังจะพัฒนาไปสู่ขั้นที่สูงกว่า สามารถช่วยให้เด็กพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม เพียเจต์เน้นความสำคัญของการเข้าใจธรรมชาติและพัฒนาการของเด็กมากกว่าการกระตุ้นเด็กให้มีพัฒนาการเร็วขึ้น เพียเจต์สรุปว่า พัฒนาการของเด็กสามารถอธิบายได้โดยลำดับระยะพัฒนาทางชีววิทยาที่คงที่แสดงให้ปรากฏโดยปฏิสัมพันธ์ของเด็กกับสิ่งแวดล้อม

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ มีสาระสรุปได้ดังนี้ (Lall & Lall, 1983, pp. 45-55 อ้างถึงใน นุชลี อุปภัย, 2555, หน้า 60-69) พัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลเป็นไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น ดังนี้

1.1 ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหว (Sensori-motor stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เช่น การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว การมอง การดู ในวัยนี้เด็กแสดงออกทางด้านร่างกายให้เห็นว่ามีสติปัญญา

ด้วยการกระทำ เด็กสามารถแก้ปัญหาได้ แม้ว่าจะไม่สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูด เด็กจะต้องมีโอกาสที่จะปะทะกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิดในขั้นนี้ มีความคิดความเข้าใจของเด็กจะก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เช่น สามารถประสานงานระหว่างกล้ามเนื้อมือ และสายตา เด็กในวัยนี้มักจะทำอะไรซ้ำบ่อย ๆ เป็นการเลียนแบบ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เด็กจะมีการแสดงออกของพฤติกรรม มีจุดมุ่งหมายและสามารถแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการแต่กิจกรรม การคิดของเด็กวัยนี้ส่วนใหญ่ยังคงอยู่เฉพาะสิ่งที่สามารถสัมผัสได้เท่านั้น

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

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

1.2.2 ขั้นการคิดแบบญาณหยั่งรู้ นึกออกเอง โดยไม่ใช้เหตุผล (Intuitive thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ปี ขั้นนี้เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รวมตัวดีขึ้น รู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของวัตถุ เข้าใจความหมายของจำนวนเลข เริ่มมีพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ แต่ไม่แจ่มชัดนัก สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้โดยไม่คิดเตรียมล่วงหน้าไว้ก่อน รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่นและสามารถนำเหตุผลทั่ว ๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหาโดยไม่วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วนเสียก่อนการคิดหาเหตุผลของเด็กยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้ หรือสัมผัสจากภายนอก

1.3 ขั้นปฏิบัติการคิดด้านรูปธรรม (Concrete operation stage) ขั้นนี้จะเริ่มจากอายุ 7-11 ปี พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ เด็กวัยนี้สามารถที่จะเข้าใจเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหา สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ สามารถที่จะเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความคงตัวของสิ่งต่าง ๆ โดยที่เด็กเข้าใจว่าของแข็งหรือของเหลวจำนวนหนึ่งแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไปก็ยังมีน้ำหนัก หรือปริมาตรเท่าเดิม สามารถที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อย ส่วนรวม ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้คือ ความสามารถในการคิด

ย้อนกลับ นอกจากนั้นความสามารถในการจำของเด็กในช่วงนี้มีประสิทธิภาพขึ้น สามารถจัดกลุ่มหรือจัดการได้อย่างสมบูรณ์ สามารถสนทนากับบุคคลอื่นและเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี

1.4 ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal operational stage) นี้จะเริ่มจากอายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้เป็นขั้นสุดยอด คือ เด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุดลง เด็กจะสามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ที่สำคัญเท่ากับความคิดกับสิ่งที่อาจจะเป็นไปได้ เด็กวัยนี้มีความคิดนอกเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างและมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีตัวตน หรือสิ่งที่เป็นนามธรรมพัฒนาการทางการรู้คิดของเด็กในช่วงอายุ 6 ปีแรกของชีวิต ซึ่งเพียเจต์ ได้ศึกษาไว้เป็นประสบการณ์ สำคัญที่เด็กควรได้รับการส่งเสริมมี 6 ขั้น ได้แก่

1.4.1 ขั้นความรู้แตกต่าง (Absolute differences) เด็กเริ่มรับรู้ในความแตกต่างของสิ่งที่มองเห็น

1.4.2 ขั้นรู้สิ่งตรงกันข้าม (Opposition) ขั้นนี้เด็กรู้ว่าของต่าง ๆ มีลักษณะตรงกันข้ามเป็น 2 ด้าน เช่น มี-ไม่มี หรือ เล็ก-ใหญ่

1.4.3 ขั้นรู้หลายระดับ (Discrete degree) เด็กเริ่มรู้จักคิดสิ่งที่เกี่ยวกับลักษณะที่อยู่ตรงกลางระหว่างปลายสุดสองปลาย เช่น ปานกลาง น้อย

1.4.4 ขั้นความเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง (Variation) เด็กสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ เช่น บอกถึงความเจริญเติบโตของต้นไม้

1.4.5 ขั้นรู้ผลของการกระทำ (Function) ในขั้นนี้เด็กจะเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง

1.4.6 ขั้นการทดแทนอย่างลงตัว (Exact compensation) เด็กจะรู้ว่าการกระทำให้ของสิ่งหนึ่งเปลี่ยนแปลงย่อมมีผลต่ออีกสิ่งหนึ่งอย่างทัดเทียมกัน

กระบวนการทางสติปัญญามีลักษณะดังนี้

1. การซึมซับหรือการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการทางสมองในการรับประสบการณ์ เรื่องราว และข้อมูลต่าง ๆ เข้ามาสะสมเก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

2. การปรับและจัดระบบ (Accommodation) คือ กระบวนการทางสมองในการปรับประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากันเป็นระบบหรือเครือข่ายทางปัญญาที่คนสามารถเข้าใจได้ เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่ขึ้น

3. การเกิดความสมดุล (Equilibration) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากขั้นของการปรับ หากการปรับเป็นไปอย่างผสมผสานกลมกลืนก็จะก่อให้เกิดสภาพที่มีความสมดุลขึ้น หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมให้เข้ากันได้ ก็จะเกิดภาวะความไม่สมดุลขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาขึ้นในตัวบุคคล

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ข้างต้น จะเห็นได้ว่ามนุษย์มีพัฒนาการทางสติปัญญาตามช่วงอายุ และเริ่มมีพัฒนาการการคิดตั้งแต่ช่วงอายุ 2 ขวบเป็นต้นไป ดังนั้นผู้เรียนจึงควรได้รับการส่งเสริมให้เกิดพัฒนาการการคิดอย่างสูงสุด และจากการศึกษาทฤษฎีนี้ ผู้วิจัยได้เข้าใจถึงกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียน ซึ่งทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ กล่าวไว้ว่าผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยกระบวนการสร้างความรู้นั้น เกิดจากการที่ผู้เรียนได้ซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างทางสติปัญญาให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ โดยเฉพาะนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีช่วงอายุของการคิดด้วยนามธรรม กล่าวคือ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานได้ ทำให้งานวิจัยนี้จึงเน้นการจัดประสบการณ์ หรือกิจกรรมที่ฝึกและพัฒนาความคิด โดยจะจัดให้สอดคล้องกับระดับการพัฒนาการคิด เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

2. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของไวก๊อตสกี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของไวก๊อตสกี้เน้นความสำคัญของวัฒนธรรมและสังคม และการเรียนรู้ที่มีต่อการพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา ซึ่งไวก๊อตสกี้กล่าวว่า การเข้าใจพัฒนาการของมนุษย์จะต้องเข้าใจวัฒนธรรมที่เด็กได้รับการอบรมเลี้ยงดู เพราะตั้งแต่แรกเกิดมนุษย์จะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลงานของมนุษย์ คือ "วัฒนธรรม" วัฒนธรรมแต่ละวัฒนธรรมจะเป็นตัวบ่งชี้ผลผลิตของพัฒนาการของเด็ก เป็นต้นว่าเด็กควรจะเรียนรู้อะไรบ้าง ควรจะมีความสามารถทางใดบ้าง สถาบันทางสังคมต่าง ๆ ตั้งแต่ครอบครัวขึ้นไป ก็มีบทบาทที่สำคัญที่จะช่วยให้เด็กเรียนรู้ และมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา ซึ่งพัฒนาการของเด็กนั้นจะเพิ่มขึ้นถึงขั้นสูงสุดตามศักยภาพของแต่ละบุคคลได้ ก็ต่อเมื่อได้รับการช่วยเหลือจากผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับเด็ก เช่น ญาติ หรือเพื่อนวัยเดียวกัน

หลักการและการจัดการการเรียนรู้ของทฤษฎีพัฒนาเชาวน์ปัญญาของไวก๊อตสกี้

ระดับของเชาวน์ปัญญาไวก๊อตสกี้ได้แบ่งระดับเชาวน์ปัญญาออกเป็น 2 ขั้น คือ

1. ระดับเชาว์ปัญญาขั้นเบื้องต้น (Elementary mental processes) ซึ่งหมายถึงเชาวน์ปัญญามูลฐานตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้ เช่น เด็กสามารถดูดนม สามารถใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจับต้องสัมผัส สามารถช่วยตัวเองตามธรรมชาติ เช่น ใช้มือ เกาะเก้าอี้ โต๊ะ หรือม้านั่งเพื่อจะยืนได้ เป็นต้น

2. ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นสูง (Higher mental processes) หมายถึง เชาวน์ปัญญาที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูถ่ายทอดวัฒนธรรมให้โดยใช้ภาษา เด็กจะมีการเรียนรู้ความคิดรวบยอด สัญลักษณ์ต่าง ๆ ช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งแวดล้อม ภาษา ก็จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการคิด ภาษาจึงถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา แม้ว่าไวก๊อตสกี้จะแบ่งระดับขั้นพัฒนาการเชาวน์ปัญญาเป็น 2 ระดับ ไม่ได้หมายความว่าทั้งสองระดับมีความแตกต่างกันอย่างเด็ดขาดเพียงแต่แตกต่างกันทางคุณภาพ (Quality) ไม่ได้แตกต่างกันทางปริมาณ (Quantity)

การเรียนรู้ในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการของไวก๊อตสกี้

แนวคิดของไวก็อตสกี้ เรื่องพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ และการเสริมต่อการเรียนรู้ พื้นที่รอยต่อพัฒนาการเป็นระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการที่เป็นจริงกับระดับพัฒนาการที่สามารถเป็นได้ เด็กสามารถแก้ปัญหาที่ยากเกินกว่าระดับพัฒนาการที่แท้จริงของเขาได้ หากได้รับการแนะนำช่วยเหลือหรือได้รับความร่วมมือจากผู้ที่เชี่ยวชาญที่มีความสามารถมากกว่า ต่อมาจะอธิบายแนวความคิดเรื่องการเสริมต่อการเรียนรู้ การเสริมต่อการเรียนรู้เป็นบทบาทผู้สอนในการส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียนและเตรียมการชี้แนะหรือให้ความช่วยเหลือเพื่อให้ผู้เรียนไปสู่พัฒนาการในระดับที่สูงขึ้น จากนั้นก็จะอธิบายข้อเสนอแนะที่ทำให้การเสริมต่อการเรียนรู้ประสบความสำเร็จ

พื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of proximal development)

ไวก็อตสกี้ อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้จะต้องคำนึงถึงระดับพัฒนาการ 2 ระดับ คือ ระดับพัฒนาการที่เป็นจริง (Actual development level) และระดับพัฒนาการที่สามารถจะเป็นไปได้ (Potential Development Level) ระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการที่เป็นจริงและระดับพัฒนาการที่สามารถจะเป็นไปได้ เรียกว่า พื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of proximal development) ไวก็อดสกี้เปรียบเทียบการเรียนรู้กับพัฒนาการไว้ดังนี้

Past learning: Actual development level

Present learning: Zone of proximal development

Future learning: Potential development level

พื้นที่รอยต่อพัฒนาการ คือ บริเวณที่เด็กกำลังจะเข้าใจในบางสิ่งบางอย่าง จากการเป็นครูและนักวิจัยของเขา เขาตระหนักอยู่เสมอว่าเด็กมีความสามารถที่จะแก้ปัญหาที่เกินกว่าระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของเขาที่จะทำได้ หากเขาได้รับคำแนะนำ ถูกกระตุ้น หรือชักจูงโดยใครบางคนที่มีสติปัญญาที่ดีกว่า บุคคลเหล่านี้อาจเป็นเพื่อนที่มีความสามารถ นักเรียนคนอื่น ๆ พ่อแม่ ครู หรือใครก็ได้ที่มีความเชี่ยวชาญ ไวก็อตสกี้ได้ให้คำนิยามพื้นที่รอยต่อพัฒนาการนี้ว่า "ระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการที่แท้จริง ซึ่งกำหนดโดยลักษณะการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลกับระดับของศักยภาพแห่งพัฒนาการที่กำหนด โดยผ่านการแก้ปัญหาภายใต้คำแนะนำของผู้ใหญ่ การร่วมมือ

ช่วยเหลือกับเพื่อนที่มีความสามารถเหนือกว่า" และได้กล่าวสนับสนุนอีกว่า "พื้นที่รอยต่อพัฒนาการในวันนี้ จะเป็นระดับของพัฒนาการในวันพรุ่งนี้ อะไรก็ตามที่เด็กสามารถทำได้ โดยอยู่ภายใต้ความช่วยเหลือในวันนี้ วันพรุ่งนี้เขาจะสามารถทำได้ด้วยตัวของเขาเอง เพียงได้รับการเรียนรู้ที่ดีก็จะนำมาซึ่งพัฒนาการที่เจริญขึ้น"

การเรียนรู้ในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ

ไวก๊อตสกี้อธิบายว่า พัฒนาการและการเรียนรู้มีลักษณะที่เอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน การเรียนรู้นำไปสู่พัฒนาการ สนับสนุนพัฒนาการ หรือผลักดันให้พัฒนาการเป็นไปในระดับที่สูงขึ้น เป็นการขยายระดับพัฒนาการออกไปอย่างไม่มีขีดจำกัด โดยเกิดจากการเรียนรู้มโนทัศน์ 2 ประเภท คือ มโนทัศน์โดยธรรมชาติ (Spontaneous or everyday concepts) และมโนทัศน์ที่เป็นระบบ (Scientific or schooled concepts)

มโนทัศน์โดยธรรมชาติ (Spontaneous or everyday concepts) เกิดจากการสังเกต หรือจากการรับความรู้สึกทางประสาทสัมผัส อันเป็นประสบการณ์ที่เราสร้างขึ้นมาด้วยตนเอง จากเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันทั่ว ๆ ไป และได้ถูกนำมาใช้ในลักษณะที่เราแทบไม่รู้ตัว

มโนทัศน์ที่เป็นระบบ (Scientific or schooled concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาในลักษณะที่เป็นระบบมากขึ้น มีลักษณะกว้าง ๆ มีความเป็นนามธรรมมาก และได้ถูกนำมาใช้อย่างมีระเบียบแบบแผนและมีจุดมุ่งหมาย ดังนั้น มโนทัศน์ที่เป็นระบบจึงเปรียบได้กับมโนทัศน์ที่เกิดจากการเรียนในโรงเรียนหรือสถานศึกษา

มโนทัศน์ทั้ง 2 ประเภทนี้ทำงานประสานกัน มโนทัศน์ในชีวิตประจำวันมีความจำเป็นสำหรับเด็กที่จะเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ เพื่อให้ได้มาซึ่งมโนทัศน์ที่เป็นระบบ มโนทัศน์ที่เป็นระบบจะทำหน้าที่หลอมรวมมโนทัศน์ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้เด็กได้นำไปใช้ประกอบ การคิด ซึ่งก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มากขึ้น รวมทั้งเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาและขยายมโนทัศน์โดยธรรมชาติให้กลายเป็นมโนทัศน์ที่เป็นระบบ

การพัฒนาจากความรู้ความเข้าใจจากมโนทัศน์โดยธรรมชาติไปสู่มโนทัศน์ที่เป็นระบบจะต้องอาศัยสื่อกลางที่มีความหมาย (Mediation) ดังนี้

1. ภาษา (Language)

ไวก๊อตสกี้ได้แสดงทัศนะไว้ว่าภาษาเกิดขึ้นครั้งแรกเป็นภาษาที่ไม่ได้แสดงถึงความคิด เป็นช่วงระยะเวลาที่ความคิดกับภาษาไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่เมื่อเด็กมีพัฒนาการมากขึ้น ความคิดกับภาษาจะเริ่มมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ความคิดถูกแสดงให้เห็นออกมาผ่านทางภาษา ซึ่งภาษาที่แสดงออกมาจะมีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น ก็เป็นผลสืบเนื่องจากการใช้ความคิดที่มากขึ้น ดังนั้น ภาษาจึงเป็นเครื่องมือในการพัฒนาความคิด และในขณะเดียวกันเราก็พัฒนาภาษาโดย

ผ่านทางการคิดด้วยเช่นกัน ความสัมพันธ์ที่เอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกันนี้ ทำให้เกิดความเชื่อที่ว่า พฤติกรรมทางสังคมซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ภาษา สามารถนำไปสู่การเพิ่มพัฒนาการทางความคิดได้ และนี่เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ทฤษฎีของไวก็อตสกี้มีความแตกต่างไปจากนักจิตวิทยารุ่นเดียวกัน กับเขา เด็กใช้ภาษาในการสื่อสารความคิดระหว่างบุคคล และสื่อสารกับความคิดของตนเองด้วย การพูดกับตนเอง (Inner speech) ตัวอย่างเช่น เด็กอายุ 4 ขวบ ผู้ซึ่งเพิ่งได้รับจิ๊กซอว์รูปภาพเป็น ของขวัญวันเกิด เขาพยายามต่อจิ๊กซอว์แต่ก็ทำไม่สำเร็จ ในขณะที่ต่อชิ้นส่วนก็จะพูดกับตนเองไป พร้อม ๆ กัน ราวกับว่ามีคนอื่นร่วมทำงานด้วย จนกระทั่งพ่อเข้ามามีส่วนร่วม พ่อนั่งข้าง ๆ เขา และ ให้คำแนะนำว่าควรจะต้องวางชิ้นส่วนครงส่วนที่เป็นมุมก่อน ถ้าชิ้นส่วนนั้นมีส่วนที่เป็นสีแดงก็ให้ หาชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่มีสีแดงรวมอยู่ด้วย ถ้าเด็กดูเหมือนว่ากำลังมีความคับข้องใจ พ่อจะแสดงตัวอย่าง โดยการต่อชิ้นส่วนสองชิ้นที่เป็นภาพเนื้อเดียวกันพร้อมทั้งอธิบาย จนกระทั่งเด็กต่อจิ๊กซอว์จนสำเร็จ พ่อให้คำพูดที่ท้าทายให้เขาต่อจิ๊กซอว์ภาพนี้อีกครั้งด้วยตัวของเขาเองตามลำพัง เขาเริ่มต้นด้วย การแบ่งชิ้นส่วนจิ๊กซอว์ออกเป็นกลุ่ม สีเดียวกันก็กองไว้เป็นพวกเดียวกัน จากนั้นพ่อค่อย ๆ ถอยหลังออกมาปล่อยให้เด็กทำงานอย่างอิสระมากขึ้นเรื่อย ๆ จากการที่เด็ก ๆ พูดไปพร้อม ๆ กับที่ทำกิจกรรม ไวก็อตสกี้อธิบายว่า เด็กเริ่มต้นจากการสื่อสารกับบุคคลอื่น แล้วกลายมาเป็น การสื่อสารกับความคิดของตนเองโดยการพูดกับตนเอง ต่อมาเมื่อเด็กได้สร้างความรู้และเพิ่มพูน ความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ มากขึ้น เสียงที่เปล่งออกมาจากการพูดกับตนเองจึงค่อย ๆ เงียบไปกลายเป็น การสื่อสารภายในกระบวนการคิดของเด็กเท่านั้น ซึ่งขณะที่เด็กกำลังใช้ความคิด แสดงว่าเด็กกำลังสร้าง ความรู้ความเข้าใจภายในตน (Internalization) ขึ้น อันเป็นการสร้างความหมายใหม่ขึ้นจากภายในตน โดยใช้ความคิดของตนตีความหมายของภาษาหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อทำให้ความรู้ความเข้าใจ ของตนเองมีความชัดเจนยิ่งขึ้น จากตัวอย่างที่เด็กต่อจิ๊กซอว์ การที่เด็กพูดออกมาในขณะที่ทำกิจกรรม จึงเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่า ในขณะนั้นเด็กกำลังคิดอะไรอยู่ในใจ หรือพยายามสร้างความรู้ ความเข้าใจให้กับตนเอง ซึ่งไวก็อตสกี้อธิบายว่าขณะนั้นเด็กกำลังสร้างพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of proximal development) ขึ้น

2. ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social interaction)

ทารกเกิดมาพร้อมกับพื้นฐานทางความคิดความเข้าใจกับสิ่งต่าง ๆ ในระดับต่ำ (Lower mental functions) คือ มีความใส่ใจ การรู้สึก การรับรู้ ความจำ ที่ไม่ซับซ้อน เนื่องจากขีดจำกัด ทางชีวภาพ การมีจินตนาการหรือจารึกประสบการณ์บางสิ่งบางอย่างให้อยู่ภายในความทรงจำ อาจยากเกินกว่าความสามารถของเด็กที่จะสามารถทำได้ แต่การที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social interaction) กับพ่อแม่ ครู และคนอื่น ๆ ที่ให้ความเอาใจใส่ ดูแล ช่วยเหลือแก่เด็ก จะช่วย ทำให้เด็กได้สร้างและเด็กสามารถเรียนรู้ได้อย่างไม่มีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับบริบททางสังคมที่จะเอื้อ

ให้เด็กเกิดปฏิสัมพันธ์กับบุคคลรอบข้างที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน ความช่วยเหลือในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการนอกจากจะเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เชี่ยวชาญกับผู้เริ่มฝึกหัด เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความสามารถมากกว่าได้ช่วยเหลือผู้เริ่มฝึกหัด การช่วยเหลือในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการที่ไวก็อตสกี้ได้อธิบายไว้นั้น ยังกินความหมายที่กว้างและลึกซึ้งยิ่งกว่านี้ โดยขยายความรวมไปถึงการร่วมมือทางสังคมในการทำกิจกรรมด้วย ซึ่งไม่ใช่เพียงเด็กต้องการผู้ใหญ่ที่คอยให้ความช่วยเหลือเท่านั้น ไวก็อตสกี้เชื่อว่า เด็กสามารถเริ่มกิจกรรมในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการระดับที่สูงขึ้นได้จากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อน ๆ หรืออาจจะกับเด็ก ๆ ที่อยู่ในระดับพัฒนาการที่ต่างกัน หรือแม้กระทั่งกับเพื่อนในจินตนาการ

สำหรับการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนนั้น ผู้สอนอาจทำได้หลายอย่าง เช่น ผู้สอนอาจแสดงการพูดเป็นนัยหรือเพียงแค่บอกใบ้ สร้างเงื่อนไขในการเรียนรู้บางอย่างขึ้นมา การถามคำถามนำ การบอกให้ผู้เรียนทบทวนสิ่งที่ได้พูดอธิบายไปแล้ว การถามผู้เรียนว่าเข้าใจอะไรบ้างจากการเรียนรู้เป็นระยะ ๆ การสาธิตประกอบการอธิบายซึ่งบางงานอาจจะสาธิตบางส่วนหรือบางงานก็อาจจะสาธิตให้เห็นทั้งหมด การจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ การฝึกหัดทักษะเฉพาะอย่างที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนสำหรับการเรียนรู้ เป็นต้น นอกจากนี้ พฤติกรรมการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมยังรวมไปถึงการโต้ตอบพูดคุยกับบุคคลซึ่งได้นำเสนอผลงาน หรือแม้กระทั่งขณะที่เด็กกำลังจินตนาการ แล้วกำลังพยายามถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นคำพูดเพื่ออธิบายบางสิ่งบางอย่างให้แก่เพื่อน ๆ

3. วัฒนธรรม (Culture)

ไวก็อตสกี้อธิบายว่า เด็กจะปรับเปลี่ยนความคิดความเข้าใจไปตามประสบการณ์ที่ได้รับจากสังคมและวัฒนธรรมของเขา จนกระทั่งสร้างความรู้ขึ้นมา ทำให้เด็กมีกระบวนการทางปัญญาในระดับที่สูงขึ้น (Higher mental functions) ซึ่งแต่ละวัฒนธรรมจะถ่ายทอดลักษณะเฉพาะของความเชื่อและค่านิยมในวัฒนธรรมนั้นไปสู่เด็ก ๆ ทำให้เขารู้ว่า เขาคิดอะไร และควรคิดอย่างไรจึงจะเหมาะสม เช่น เด็กที่อยู่นอกระบบการศึกษา แม้ว่าจะไม่สามารถคิดคำนวณตัวเลขด้วยวิธีการที่เป็นขั้นตอนและเป็นระบบเหมือนกับเด็กที่เรียนอยู่ในโรงเรียน แต่เด็กเหล่านั้นก็มีความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเลขที่จะต้องใช้ในชีวิตประจำวันในแบบฉบับของเขา รู้จักใช้ตัวเลข ในการเจรจาต่อรองหรือการบริหารความเสี่ยง เพื่อให้เขาสามารถเอาตัวรอดจากการถูกคุกคามต่าง ๆ ได้ ซึ่งเด็กที่เรียนในระบบการศึกษาอาจยังไม่มีความเข้าใจ ในเรื่องนี้ดีเท่ากับเขา นั่นเป็นเพราะเด็กทั้งสองกลุ่มอยู่คนละบริบทเชิงสังคมวัฒนธรรม

4. การเลียนแบบ (Imitation)

ไวก๊อตสกี้อธิบายว่า บทบาทของการเลียนแบบมีความสำคัญต่อการเรียนรู้และพัฒนาการ เช่น ถ้าเด็กกำลังเกิดอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูจึงแก้ปัญหาให้เห็นเป็นตัวอย่างบนกระดานดำ ในขณะนั้นเด็กอาจจะเลียนแบบวิธีการแก้ปัญหาของครู โดยสร้างความเข้าใจขึ้นภายในตนเอง แต่ถ้าครูให้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ยากขึ้น อันเป็นการขยายสิ่งที่เรียนรู้แล้วไปสู่สิ่งที่เรียนรู้ใหม่ เด็กอาจจะยังไม่สามารถเข้าใจได้ในขณะนั้น ครูจึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ลักษณะนี้หลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้เด็กค่อย ๆ เลียนแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างค่อยเป็นค่อยไป

5. การชี้แนะหรือการช่วยเหลือ (Guidance or assistance)

การชี้แนะหรือการช่วยเหลือ เป็นการร่วมมือทางสังคม (Social collaborative) ที่สนับสนุนให้พัฒนาการทางความรู้ความเข้าใจเกิดการเจริญงอกงาม ไวก๊อตสกี้จะเน้นที่การมีบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญกว่าอาสาที่จะมีส่วนร่วมให้ความช่วยเหลือในสถานการณ์การเรียนรู้โดยให้การดูแลเอาใจใส่และปรับปรุงผู้เรียนที่เริ่มฝึกหัด การจัดเตรียมสิ่งที่จะช่วยสนับสนุน เพื่อให้ผู้เรียนเพิ่มความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหา ซึ่งไวก๊อตสกี้เปรียบเทียบว่าเป็น “นั่งร้าน (Scaffold)” ซึ่งในบริบทที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ หมายถึง “การเสริมต่อการเรียนรู้”

6. การเสริมต่อการเรียนรู้

แนวทางที่ไวก๊อตสกี้เสนอไว้ และต่อมาบรูเนอร์ริเริ่มนำมาเผยแพร่ ขยายความและมีชื่อเสียงเป็นอย่างมาก คือ การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) ซึ่งอธิบายไว้ดังนี้

การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) หมายถึง บทบาทเชิงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ที่ให้การช่วยเหลือด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามสภาพปัญหาที่เผชิญอยู่ในขณะนั้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหานั้นด้วยตนเองได้ โดยเป็นการจัดเตรียม สิ่งที่เอื้ออำนวยการให้การช่วยเหลือแนะนำสนับสนุน ขณะที่ผู้เรียนกำลังแก้ปัญหาหรือกำลังอยู่ในระหว่างการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง (ผู้เรียนกำลังอยู่ในพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ) ทำให้ผู้เรียนต้องสร้างความรู้ความเข้าใจเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน และปรับการสร้างความรู้ ความเข้าใจภายในตน (Internalization) ให้กลายเป็นความรู้ความเข้าใจใหม่ภายในตนเอง ซึ่งจะส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน ให้ก้าวไปสู่ขั้นหรือระดับพัฒนาการที่สูงขึ้นไป ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถกำกับตนเองในการเรียนรู้ และมีความเชื่อมั่นในตนเองในการเรียนรู้ที่เพิ่มมากขึ้น

อาจกล่าวได้ว่าทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของไวก๊อตสกี้ เน้นการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยสื่อกลางที่มีความหมายที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ขึ้น ซึ่งการเรียนในโรงเรียนหรือสถานศึกษานั้น จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่เรียกว่า มโนทัศน์ที่เป็นระบบที่มีความจำเป็นต่อการคิดที่จะต้องนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และนั่นยิ่งทำให้ต้องมองเห็นถึงความสำคัญ

ของการจัดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้เน้นการจัดประสบการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ รวมไปถึงการจัดกระบวนการกลุ่ม ที่ส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม สังคม ที่ผู้เรียนกับผู้เรียนจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้ร่วมกันลงมือปฏิบัติ เพื่อหาทางแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่คล้ายกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยที่ผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำชี้แนะเท่านั้น

3. ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism

วีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม (2554, หน้า 56-59) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism ไว้ว่า เป็นความเชื่อพื้นฐานของการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่เป็นทฤษฎีทางด้านปรัชญาและจิตวิทยา เกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างความเข้าใจในความรู้จากประสบการณ์ โดยกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเองของแต่ละบุคคล การเรียนรู้เป็นทั้ง Personal และ Social process ที่บุคคลต้องเรียนรู้เพื่อปรับความรู้ความเข้าใจโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่อย่างมีความหมาย ทำให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive structure) ที่ใช้ทั้งกระบวนการดูดกลืน (Assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (Accommodation) ช่วยทำให้เกิดสภาวะสมดุล

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เชื่อว่าการได้มาซึ่งความรู้ของแต่ละคนถ่ายทอดกันไม่ได้แต่ใช้กระบวนการทางสังคมทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันได้ ทำให้ความรู้จากความรู้ส่วนบุคคล (Personal knowledge) ไปสู่ความรู้สาธารณะ (Public knowledge) และพัฒนาไปเป็นความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ (Expertise knowledge) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในแวดวงของความรู้ในเฉพาะสาขา แต่ความรู้เป็นสิ่งไม่ตายตัวเปลี่ยนแปลงได้ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540)

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงทฤษฎีไว้หลายท่าน เช่น

กลาเซอร์ฟิล์ด (Glasersfeld, 1991 อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 49) กล่าวว่า Constructivism เป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยาและการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อความหมายและการควบคุมกระบวนการสื่อความหมายในตัวคน ทฤษฎีของความรู้นี้อ้างถึงหลักการ 2 ข้อ คือ

1. ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจ

2. หน้าที่ของการรับรู้คือการปรับตัวและการประมวลประสบการณ์ทั้งหมด แต่ไม่ใช่เพื่อการค้นพบสิ่งที่ไม่เป็นจริง ซึ่งถ้านำเอาหลักการทั้งสองนี้ไปใช้จะมีผลเกิดขึ้นตามมาแผ่กว้างไปไกลทั้งในการศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาและการเรียนรู้เช่นเดียวกับในการฝึกปฏิบัติการสอนในจิตวิทยาบำบัด และในการจัดการระหว่างบุคคล

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

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540, หน้า 49) ได้สรุปลักษณะของบุคคลตามแนวคิดทฤษฎี Constructivism ไว้ดังนี้

1. บุคคลทุกคนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว และแสวงหาเพื่อที่จะอธิบายสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านั้น

2. ในการหาคำอธิบาย บุคคลทุกคนได้สร้างโมเดล หรือตัวแทนของวัตถุปรากฏการณ์และเหตุการณ์ที่เขาได้พบในสมองของเขา

3. โมเดลที่เขาสร้างขึ้นนี้อาจแปลกและแตกต่างจากโมเดลของผู้เชี่ยวชาญ

4. บุคคลทุกคนสร้างความหมายให้กับสิ่งที่เขารับรู้ ซึ่งความหมายที่สร้างขึ้นนี้อาจได้รับคำแนะนำจากบุคคลอื่น ๆ รอบตัว

5. การสร้างความหมายนี้เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้

6. ผู้เรียนต้องมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง ครูเป็นแต่เพียงผู้สนับสนุนอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เท่านั้น

7. ผู้เรียนสร้างความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ๆ

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

อาจสรุปได้ว่า Constructivism เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่า การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยกระบวนการสร้างความรู้ที่เกิดขึ้นนั้น มาจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และเกิดการซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างสติปัญญาให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ ดังนั้นผู้วิจัยคิดว่าควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ภายใต้การจัดประสบการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยให้มีกระบวนการโครงสร้างทางปัญญาทำงานร่วมกับกระบวนการทางสังคม เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

4. ทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้

จอห์น ดิวอี้ เป็นผู้นำนักปราชญ์ผู้นี้มีความเชื่อว่าความอยู่รอดของสรรพสัตว์ (ซึ่งหมายถึงมนุษย์ด้วยนั้น) ย่อมขึ้นอยู่กับการปรับตัวของสิ่งนั้น ๆ ความเชื่อนี้ได้มาจากชาร์ลส์ ดาวิน (Charles Darwin) เจ้าของทฤษฎีวิวัฒนาการซึ่งให้หลักไว้ว่าผู้ที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่รอด จอห์น ดิวอี้ จึงได้ยึดเอาเรื่อง "การปรับตัว" ให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมเป็นสรณะสำคัญ หรือเป็นแก่นแห่งการศึกษา จากแนวคิดเรื่องการปรับตัวนี้เอง จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) จึงเห็นค่ามนุษย์ย่อมมีปัญหาอยู่ตลอด ปัญหานั้นก็คือ การเผชิญต่อความเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมรอบตัวที่เป็นอยู่ทุกขณะนั่นเอง เมื่อมนุษย์ต้องพบปัญหาอยู่ตลอด การฝึกมนุษย์ให้แก้ปัญหาได้ จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะช่วยให้ขจัดปัญหาที่มาขัดขวางการดำเนินชีวิตได้ และชีวิตนั้นก็จะอยู่รอดตลอดไป

ทฤษฎีการเรียนรู้

การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงเป็นการจัดกิจกรรมในลักษณะกลุ่มปฏิบัติการที่เรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรงจากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ฝึกคิด ฝึกลงมือทำ ฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเองและฝึกทักษะการเสาะแสวงหาความรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งทางทฤษฎีและการปฏิบัติตามแนวประชาธิปไตย กระบวนการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็นและแก้ปัญหาเป็น โดยการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ บางครั้งก็เรียกวิธีสอนนี้ว่า การสอนแบบวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่าทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ ที่เน้นการปฏิบัติจริง เป็นการเรียนรู้ในรูปแบบ Learning by doing ผู้เรียนจะเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดถ้าผู้เรียนได้แก้ปัญหากับสิ่งที่อยู่ใกล้ตัว ให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เรียนรู้จากการสะท้อนความคิด จากการทำและคิดตามให้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง หรือร่วมกันเป็นกลุ่มก็ได้ สิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเห็นความสำคัญกับการเตรียมประสบการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำด้วยตนเอง

จากการศึกษาเอกสารทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทำให้ผู้วิจัยสามารถเข้าใจในธรรมชาติและพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่อยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้นำสิ่งเหล่านี้ไปใช้ประกอบในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาพัฒนาโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ การจัดประสบการณ์และกิจกรรม โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำและปฏิบัติจริงด้วยตนเอง รวมถึงการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสังคมและสิ่งแวดล้อม

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1. ประวัติและความเป็นมาของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การศึกษาความเป็นมาของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) สามารถย้อนรอยอดีตไปถึงแนวคิดของนักศึกษาในช่วงแรกของศตวรรษที่ 20 จอห์น ดิวอี้ นักการศึกษาชาวอเมริกัน ซึ่งเป็นผู้ต้นคิดวิธีสอนแบบแก้ปัญหา และเป็นผู้เสนอแนวคิดว่า การเรียนรู้เกิดจากการลงมือทำด้วยตนเอง (Learning by doing) แนวคิดของดิวอี้ ได้นำไปสู่แนวคิดในการสอนรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานก็มีรากฐานความคิดมาจากดิวอี้ เช่นเดียวกัน ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Faculty of health science) ของมหาวิทยาลัยแมคมาสเตอร์ ที่ประเทศแคนาดาได้นำมาใช้ในกระบวนการดิวให้กับนักศึกษาแพทย์ฝึกหัด วิธีการดังกล่าวนี้ได้กลายเป็นรูปแบบที่มหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกานำไปเป็นแบบอย่างบ้าง โดยเริ่มจากปลาย ค.ศ. 1960 มหาวิทยาลัยเคสเวสเทิร์นรีเสิร์ฟ ได้นำมาใช้เป็นครั้งแรก และได้จัดตั้งเป็นห้องทดลองพหุวิทยาการ (Multidisplinary laboratory) เพื่อทำเป็นห้องปฏิบัติการสำหรับทดลองรูปแบบการสอนใหม่ ๆ รูปแบบการสอนที่มหาวิทยาลัยเคสเวสเทิร์นรีเสิร์ฟ พัฒนาขึ้นมานั้นได้กลายมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนหลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ทั้งในระดับมัธยมศึกษา ระดับอุดมศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย

ในช่วงปลาย ค.ศ. 1960 มหาวิทยาลัยแมคมาสเตอร์ ได้พัฒนาหลักสูตรแพทย์ที่มีการใช้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการสอนเป็นครั้งแรก ทำให้มหาวิทยาลัยแห่งนี้เป็นที่ยอมรับและรู้จักกันทั่วโลกว่าเป็นผู้นำในการจักการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มหาวิทยาลัยชั้นนำในสหรัฐอเมริกาที่นำรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้ในการสอนหลายแห่ง แต่ในยุคแรก ๆ ได้นำไปใช้กับหลักสูตรของนักศึกษาแพทย์ ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ผู้เรียนต้องใช้ทักษะในการวิเคราะห์ปัญหาทางเทคนิคสูงมาก โรงเรียนแพทย์ที่มีชื่อเสียงก็ได้นำรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้โรงเรียนแพทย์ในมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ที่ยังใช้วิธีสอนแบบดั้งเดิมหันมายอมรับรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการสอนมากขึ้นจนกระทั่งกลาง ค.ศ. 1980 การสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงได้ขยายไปสู่การสอนในสาขาอื่น ๆ ทุกวงการอาชีพ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาศาสตร์ สังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ เป็นต้น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายและมีการนำไปใช้สอนตามมหาวิทยาลัยต่าง ๆ มากขึ้น (มัณฑรา ธรรมบุศย์, 2545, หน้า 14-15) ในประเทศไทย การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเริ่มใช้ครั้งแรกในหลักสูตรแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2531 และประยุกต์ในหลักสูตรสาธารณะสุขศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ ทั้งนี้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่นำมาปรับใช้

ในหลาย ๆ กลุ่มสาระการเรียนรู้ได้ เช่น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาศาสนา และวัฒนธรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้ ได้รับการยอมรับว่า เป็นการเรียนการสอนที่ให้ประสบการณ์ ท้าทายความคิด ลักษณะนิสัย และการปฏิบัติร่วมกับการแก้ปัญหา เป็นการจูงใจผู้เรียนให้เรียนรู้การแก้ปัญหา โดยผ่านการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนด้วยการค้นพบด้วยตนเองและจากการทำงานกลุ่ม (รัชนีกร หงส์พนัส, 2547, หน้า 45)

2. ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มาจากภาษาอังกฤษว่า Problem-based learning (PBL) มีนักการศึกษาหลายคนได้เรียกชื่อแตกต่างกัน เช่น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (ทองจันทร์ หงศ์ลดารมภ์, 2547, หน้า 5) การจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นหลัก (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า137) และการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก (รัชนีกร หงส์พนัส, 2547, หน้า 44) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และมีนักการศึกษาให้ความหมายไว้ดังนี้

กาลเลเกอร์ (Gallagher, 1997, pp. 332-362) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องเรียนรู้จากการเรียน (Learn to learn) โดยนักเรียน จะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหา โดยจะบูรณาการความรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้รับกับการแก้ปัญหาเข้าด้วยกัน ปัญหาที่ใช้มีลักษณะเกี่ยวกับชีวิตประจำวันและมีความสัมพันธ์กับนักเรียน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะมุ่งเน้นพัฒนานักเรียนในด้านทักษะการเรียนรู้ มากกว่าการเรียนรู้ที่นักเรียนจะได้มาและพัฒนานักเรียนสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองได้

บาเรลล์ (Barell, 1998, p.7) กล่าวว่าไว้ การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการของการสำรวจเพื่อจะตอบคำถามสิ่งที่อยากรู้อยากเห็น ข้อสงสัยและความมั่นใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ปัญหาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้จะเป็นปัญหาที่ไม่ชัดเจน มีความยากหรือมีข้อสงสัยมาก สามารถหาคำตอบได้หลายคำตอบ

ทอร์พ และแซก (Torp & Sage, 1998, pp.14-16) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเน้นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า และการแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน ซึ่งนักเรียนอาจพบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นทั้งยุทธวิธีการเรียนการสอนและใช้เป็นแนวทางในการจัดหลักสูตร ซึ่งมีลักษณะดึงดูดนักเรียนให้เข้าไปมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำและออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและสำรวจ หลักสูตรที่สร้างขึ้น จะมีปัญหาเป็นแกนกลาง มีบทบาทในการเตรียมประสบการณ์จริง ที่ส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ สนับสนุนให้สร้างความรู้ด้วยตนเองและบูรณาการสิ่งต่าง ๆ ที่เรียนรู้ในโรงเรียนกับชีวิตจริงเข้าด้วยกัน ในขณะที่เรียนรู้

นักเรียนจะถูกทำให้เป็นนักแก้ปัญหาและพัฒนาไปสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำดนเองได้ ในกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ ครูจะเป็นผู้ร่วมในการแก้ปัญหา ที่มีหน้าที่สร้างความสนใจ สร้างความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์

ทองจันทร์ หงศ์ลดารมภ์ (2547, หน้า 5) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก หมายถึง วิธีการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหา (Problem) เป็นเครื่องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะใฝ่หาความรู้เพื่อแก้ปัญหา ทั้งนี้โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการแสวงหา และรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีมภายในกลุ่มผู้เรียน โดยผู้สอนมีส่วนร่วมเกี่ยวข้องน้อยที่สุด

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545, หน้า 13) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม โดยให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง เป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาด้วย การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาเป็นหลัก

รัชนีกร หงส์พนัส (2547, หน้า 46) กล่าวว่า การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักเป็นวิธีการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่เป็นการบูรณาการ ทั้งนี้เป็นการเรียนการสอนที่เริ่มด้วยปัญหา เพื่อกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้ และแสวงหาความรู้เพิ่มเติมและพัฒนาการคิดด้วยทักษะการแก้ปัญหา (Problem-solving skill) การเรียนรู้ด้วยตนเองและการทำงานเป็นกลุ่ม

ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 137) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหา แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ

จากความหมายที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การเรียนรู้ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทำความเข้าใจและการแก้ปัญหา ซึ่งใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นอยู่ตามสภาพจริงมาเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

3. ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ได้มีผู้กล่าวไว้ดังนี้

บารอว์ส และแทมบลีน (Barraws & Tamblyn, 1980, pp. 191-192) ได้สรุปลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. ปัญหาจะถูกเสนอให้นักเรียนเป็นอันดับแรกในขั้นของการเรียนรู้

2. ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้จะเป็นปัญหาที่เหมือนกับปัญหาที่นักเรียนสามารถพบในชีวิตจริง

3. นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มในการแก้ปัญหา โดยมีอิสระในการแสดงความสามารถในการให้เหตุผล การประยุกต์ใช้ความรู้และการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเองที่เหมาะสมกับขั้นตอนของการเรียนรู้ในแต่ละขั้น

4. เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเองที่มีขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นแนวทางในการกำหนดกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา

5. ความรู้และทักษะที่ต้องการให้นักเรียนได้รับจะเกิดหลังการแก้ปัญหาหรือการทำงานที่ใช้ความรู้และทักษะเหล่านั้น

6. การเรียนรู้จะประกอบด้วยการทำงานในการแก้ปัญหาและการศึกษาด้วยตนเอง โดยมีลักษณะที่บูรณาการทั้งความรู้ที่นักเรียนมีและทักษะกระบวนการเข้าด้วยกัน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 2-3) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้

2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้น พบเห็นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียน หรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง

3. ผู้เรียนเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-directed learning) ค้นหาและแสวงหาความรู้คำตอบด้วยตนเอง ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง บริหารเวลาเอง คัดเลือกวิธีการเรียนรู้ และประสบการณ์การเรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ ข้อมูลร่วมกัน เป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุและผล ฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะในการรับส่งข้อมูล เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคล และฝึกการจัดระบบตนเอง เพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ความรู้คำตอบที่ได้มีความหลากหลาย องค์ความรู้จะผ่านการวิเคราะห์โดยผู้เรียนมีการสังเคราะห์และตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้

นอกจากจัดการเรียนเป็นกลุ่ม แล้วยังสามารถจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้ แต่อาจทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. การเรียนรู้มีลักษณะการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด

6. ความรู้ที่เกิดจากการเรียนรู้ จะได้มาภายหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น

7. การประเมินผลเป็นการประเมินผลจากสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานความก้าวหน้าของผู้เรียน

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545, หน้า 13) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง
2. การเรียนรู้เกิดขึ้นในกลุ่มผู้เรียนที่มีขนาดเล็ก
3. ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือให้คำแนะนำ
4. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
5. ปัญหาที่นำมาใช้มีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ปัญหา 1 ปัญหาอาจมีคำตอบได้หลายคำตอบหรือแก้ไขปัญหาได้หลายทาง
6. ผู้เรียนเป็นคนแก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง
7. การประเมินผลจากสถานการณ์จริง โดยดูจากความสามารถในการปฏิบัติ

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะเน้นการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ขึ้น โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้นั้น กล่าวคือ ผู้เรียนจะค้นหาและแสวงหาความรู้คำตอบด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ของคำตอบที่ได้นั้นจะผ่านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้นอกจากจัดการเรียนเป็นกลุ่มแล้ว ยังสามารถจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้อีกด้วย

4. ลักษณะและการสร้างปัญหาในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เช่น

ทอร์ป และแซก (Torp & Sage, 1998, p. 20) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ดังนี้

1. เป็นปัญหาที่ยากมีความซับซ้อน
2. เป็นปัญหาที่ต้องมีการสืบสวนค้นคว้า รวบรวมข้อมูลมาใช้เพื่อแก้ปัญหา

3. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ง่ายโดยใช้สูตรใดสูตรหนึ่งหาคำตอบ

4. เป็นปัญหาที่มีวิธีหาคำตอบได้หลายวิธี

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 3-4) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สิ่งสำคัญที่สุด คือ ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ลักษณะสำคัญของปัญหามีดังนี้

1. เกิดขึ้นในชีวิตจริงและเกิดจากประสบการณ์ของผู้เรียน หรือผู้เรียนอาจมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น

2. เป็นปัญหาที่พบบ่อย มีความสำคัญ มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการค้นคว้า

3. เป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบชัดเจนตายตัว เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนคลุมเครือ หรือผู้เรียนเกิดความสงสัย

4. เป็นปัญหาที่มีประเด็นขัดแย้ง ข้อถกเถียงในสังคมยังไม่มีข้อยุติ

5. เป็นปัญหาอยู่ในความสนใจ เป็นสิ่งที่อยากรู้แต่ไม่รู้

6. ปัญหาที่สร้างความเดือดร้อน เสียหาย เกิดโทษภัย และเป็นสิ่งไม่ดี หากใช้ข้อมูลโดยลำพังคนเดียวอาจทำให้ตอบปัญหาผิดพลาด

7. ปัญหาที่มีการยอมรับว่าจริง ถูกต้อง แต่ผู้เรียนไม่เชื่อว่าจริง ไม่สอดคล้องกับความคิดของผู้เรียน

8. ปัญหาที่อาจมีคำตอบหรือแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทางครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวางหลากหลายเนื้อหา

9. เป็นปัญหาที่มีความยากความง่าย เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน

10. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องการสำรวจค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลหรือทดลองดูก่อน จึงจะได้คำตอบ ไม่สามารถจะคาดเดา หรือทำนายได้ง่าย ๆ ว่าต้องใช้ความรู้อะไรยุทธวิธีในการสืบเสาะหาความรู้เป็นอย่างไร หรือคำตอบ หรือผลของความรู้เป็นอย่างไร

11. เป็นปัญหาส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาทักษะ สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา

อาจกล่าวสรุปได้ว่า ลักษณะและการสร้างปัญหาในการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานนั้น สิ่งสำคัญที่สุด คือ ปัญหานั้นต้องมีความซับซ้อนและมีความยุ่งยากในการแก้ปัญหาและเป็นปัญหาที่ใกล้ตัวผู้เรียน หรือผู้เรียนมีโอกาสได้พบเจอในชีวิตประจำวัน นั่นจะทำให้ผู้เรียนมองเห็นว่าเป็นปัญหาของตนเองต้องรีบหาทางแก้ไขปัญหานั้นอย่างเร่งด่วน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการสร้างปัญหาในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวันและใกล้ตัวผู้เรียนให้มากที่สุด เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ขั้นตอนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ดีไลเซิล (Delisle, 1997, pp. 26-36) ได้กำหนดขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ขั้นเชื่อมโยงปัญหา (Connecting with the problem) เป็นขั้นตอนในการสร้างปัญหา เพราะในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้เรียนจะต้องมีความรู้สึกว่าปัญหานั้น มีความสำคัญต่อตนก่อน ครูควรเลือกหรือออกแบบปัญหาให้สอดคล้องกับผู้เรียน ดังนั้นในขั้นนี้ครูจะสำรวจประสบการณ์ ความสนใจ ของผู้เรียนแต่ละบุคคลก่อน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกหรือออกแบบปัญหา โดยครูอาจยกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาขึ้น มาร่วมกันอภิปรายก่อน แล้วครูและนักเรียนช่วยกันสร้างปัญหาที่ผู้เรียนสนใจขึ้นมา เพื่อเป็นปัญหาสำหรับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประเด็นที่ครูยกมานั้น จะต้องเป็นประเด็นที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ในเนื้อหาวิชาและทักษะที่ต้องการให้นักเรียนได้รับด้วย

2. ขั้นจัดโครงสร้าง (Setting up structure) ประกอบด้วย แนวความคิดต่อปัญหา (Ideas) ข้อเท็จจริงจากปัญหา (Facts) สิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติม (Learning issues) และแผนการเรียนรู้ (Action plan) โดยเสนอเป็นรูปตารางเพื่อจะได้เห็นความสัมพันธ์กันแต่ละหัวข้อ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 โครงสร้างของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Delisle, 1997, pp. 26-36)

แนวความคิดต่อปัญหา (Ideas)	**ข้อเท็จจริงจากปัญหา (Facts)**	**สิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติม (Learning issuse)**	**แผนการเรียนรู้ (Action plan)**

3. ขั้นเข้าพบปัญหา (Visiting the problem) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้กระบวนการกลุ่มในการสำรวจปัญหาตามโครงสร้างของการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 คือนักเรียนในกลุ่มจะรวมกันเสนอแนวคิดต่อปัญหา ว่ามีแนวทางเป็นไปได้หรือไม่ในการแก้ปัญหา จะแก้ปัญหานั้น ด้วยวิธีใด ความรู้อะไรที่จะนำมาเป็นฐานของการแก้ปัญหา จากนั้นนักเรียนในกลุ่มจะร่วมกันอภิปรายถึงข้อเท็จจริงที่โจทย์กำหนดมาให้ แล้วกำหนดสิ่งที่ต้องกำหนดเพิ่มเติม เพื่อจะได้นำมาเป็นฐานความรู้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งกำหนดวิธีการหาความรู้ และแหล่งทรัพยากรของความรู้นั้นด้วย ในแต่ละหัวข้อจะเขียนลงในตารางที่ 2 โดยเขียนเรียงเป็นข้อ ในข้อหนึ่ง ๆ จะเขียนแต่ละสดมภ์

ให้สัมพันธ์กัน เมื่อกลุ่มกำหนดทุกหัวข้อเสร็จแล้วกลุ่มจะมอบหมายให้สมาชิกในกลุ่มไปศึกษาค้นคว้า ตามแผนการเรียนรู้ที่กำหนดไว้แล้วนำความรู้ที่ไปศึกษามารายงานต่อกลุ่ม ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนได้ความรู้เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาในขั้นนี้ผู้เรียนมีอิสระกำหนดในแต่ละหัวข้อ ครูเพียงแต่สังเกตและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เท่านั้น

4. ขั้นเข้าพบปัญหาอีกครั้ง (Revisiting the problem) เมื่อกลุ่มได้ไปศึกษาความรู้ตามแผนการรู้แล้วกลุ่มก็จะร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มานั้น ว่าเพียงพอที่จะแก้ปัญหานั้นหรือไม่ ถ้าความรู้ที่ได้มานั้นไม่เพียงพอ กลุ่มก็จะกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติม และแผนการเรียนรู้อีกครั้งแล้วทำแผนการเรียนรู้จนกว่าจะได้ความรู้ที่สามารถนำไปแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้นักเรียนในกลุ่มต้องใช้การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาตามแผนการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ความสามารถในการสื่อสาร การพูด การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ข้อมูล

5. ขั้นผลิตผลงาน (Producing a product or performance) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามาแก้ปัญหา หรือสร้างผลผลิตขั้นสุดท้ายของการเรียนรู้ และนำเสนอผลผลิตนั้น ให้ชั้นเรียนได้ทราบผลทั่วกัน

6. ขั้นประเมินผลงานและแก้ปัญหา (Evaluating performance and the problem) ในการประเมินผลงานของนักเรียนทั้งครูและผู้เรียน จะมีความรับผิดชอบร่วมกัน ในการประเมินจะประเมินด้านความรู้ ทักษะด้านความรู้ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร และทักษะทางด้านสังคม ได้แก่ การทำงานร่วมกันเป็นทีม นอกจากที่จะประเมินนักเรียนแล้วครูยังต้องประเมินปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ด้วยว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for problem-based learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (Illinois University) สหรัฐอเมริกา (Illinois problem-based learning network, 1996 cited in Torp & Sage, 1998, pp. 35-43) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเตรียมให้ผู้เรียนความพร้อมในการเป็นผู้เผชิญกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งการเตรียมความพร้อมนี้ ขึ้นอยู่กับอายุ ความสนใจ ภูมิหลังของผู้เรียน ในการเตรียมความพร้อมนี้ จะให้ผู้เรียนได้อภิปรายเกี่ยวเนื่องถึงเรื่องที่จะสอนอย่างกว้าง ๆ ซึ่งจะต้องตระหนักว่าการเตรียมความพร้อมนี้ไม่ใช่การสอนเนื้อหาก่อน เพราะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ต่างจากการเรียนรู้แบบอื่นตรงที่ความรู้หรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะเป็นผลมาจากการแก้ปัญหา

2. ขั้นพบปัญหา ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดบทบาทของตนในการแก้ปัญหา และกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการที่จะแก้ปัญหา ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายและเสนอความคิดเห็นต่อปัญหา เพื่อมองเห็นถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นนิยามว่า เรารู้อะไร (What we know) เราจำเป็นต้องรู้อะไร (What we need to know) และแนวคิดของเรา (Our ideas) ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาสิ่งที่ตนรู้ อะไรที่จำเป็นต้องรู้ และแนวคิดอะไรที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พิจารณาถึงความรู้ที่ตนเองมีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา และเตรียมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำความเข้าใจปัญหาและพร้อมที่จะสำรวจ ค้นคว้าหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหา ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้กำหนดสิ่งที่ตนรู้จากสถานการณ์ปัญหา สิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพิ่มเติมที่จะมาส่งเสริมให้สามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะระบุแหล่งข้อมูลสำหรับค้นคว้า และแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยเขียนลงในตารางอย่างสัมพันธ์กันทั้ง 3 สดมภ์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบการบันทึกสิ่งที่รู้ สิ่งที่ต้องรู้และแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหา (Torp & Sage, 1998, pp. 35-43)

สิ่งที่รู้	สิ่งที่จำเป็นต้องรู้	แนวคิด

4. ขั้นกำหนดปัญหา จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่เผชิญ และกำหนดเงื่อนไขที่ขัดแย้งกับเงื่อนไขที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ซึ่งช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาที่ดี

5. ขั้นการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลและแสนอข้อมูล ผู้เรียนจะช่วยกันค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต้องรู้จากแหล่งข้อมูลที่กำหนดไว้แล้วนำข้อมูลเหล่านั้น มาเสนอต่อกลุ่มให้เข้าใจตรงกับจุดมุ่งหมายในขั้นนี้ ประการแรก เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนวางแผน และดำเนินการรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งเสนอข้อมูลนั้นต่อกลุ่ม ประการที่สองเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจว่าข้อมูลใหม่ที่ค้นคว้ามาทำให้เข้าใจปัญหาอย่างไร และจะประเมินข้อมูลใหม่เหล่านั้น ว่าสามารถช่วยเหลือให้เข้าใจปัญหาได้อย่างไร ประการที่สาม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถทางการสื่อสารและการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งช่วยให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ

6. ขั้นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้ เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ ค้นคว้ามากับปัญหาที่กำหนดไว้ แล้วแก้ปัญหาบนฐานข้อมูลที่ค้นคว้ามาเนื่องจากปัญหาที่ ใช้ในการเรียนรู้สามารถมีคำตอบได้หลายคำตอบ ดังนั้นในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องค้นหาคำตอบที่สามารถเป็นไปได้ให้มากที่สุด

7. ขั้นการประเมินค่าของคำตอบ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้ เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนทำการประเมินค่าสิ่งที่มาช่วยในการแก้ปัญหา (ข้อมูลที่ค้นคว้ามา) และผลของคำตอบที่ได้ในแต่ละปัญหาว่าทำให้นักเรียนรู้อะไร ซึ่งผู้เรียนจะแสดงเหตุผล และร่วมกันอภิปรายในกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลที่ค้นคว้ามาเป็นพื้นฐาน

8. ขั้นการแสดงคำตอบและการประเมินผลงาน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเชื่อมโยง และแสดงถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ ได้ความรู้ได้อย่างไร และทำไมความรู้นั้นถึงสำคัญในขั้นนี้นักเรียนจะเสนอผลงานออกมาที่แสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ ตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบของปัญหา ซึ่งเป็นการประเมินผลงานของตนเองและกลุ่มไปด้วย

9. ขั้นตรวจสอบปัญหาเพื่อขยายความรู้ ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ต่อไป นักเรียนจะพิจารณาจากปัญหาที่ได้ดำเนินการไปแล้วว่ามีประเด็นอะไรที่ดนสนใจอยากเรียนรู้อีก เพราะในขณะดำเนินการเรียนรู้ นักเรียนอาจจะมีสิ่งที่อยากรู้นอกจากครูจัดเตรียมไว้ให้

จากขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 9 การดำเนินการเรียนรู้จะดำเนินการเป็นวงจร หากขั้นใดมีข้อสงสัยก็ย้อนกลับไปขั้นก่อนหน้านั้นได้ เมื่อจบการเรียนรู้จากปัญหาหนึ่ง ๆ แล้ว จะกำหนดปัญหาใหม่ของการเรียนรู้จากขั้นที่ 9 ที่นักเรียนมีความต้องการเรียนรู้ และในแต่ละขั้นจะประกอบด้วยการประเมินผลการเรียนรู้ไปพร้อมกันด้วย

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 6-8) ได้สรุปขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้ และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

2. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย

4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่า มีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

5. สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเองและประเมินผลว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

6. นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระดับองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้ง ผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของดีไลเซิล และศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for problem-based learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (Illinois University) สหรัฐอเมริกานั้น ด้วยบริบทที่แตกต่างกัน และในการดำเนินการในแต่ละขั้นนั้น มีความซับซ้อน ซึ่งอาจจะเหมาะกับผู้เรียนที่มีวุฒิภาวะที่สูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงทำให้ผู้วิจัยเห็นว่าขั้นตอนการจัดกระบวนการ**เรียนรู้โดยใช้ปัญหา**เป็นฐานของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาเหมาะสมกับการเรียนการส**อนวิทยาศาสตร์ให้กับ**ผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนในการจัดกระบวนการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นกำหนดปัญหา 2) ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา 3) ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า 4) ขั้นสังเคราะห์ความรู้ 5) สรุปและประเมินค่าของคำตอบ 6) ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน

6. การประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ในชั้นเรียนเดิมการใช้การประเมินผลเพื่อชี้วัดความสามารถและแบ่งชั้นความสามารถของนักเรียนมากกว่าที่จะประเมินผลเพื่อการแก้ปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน และวิธีการประเมินจะประเมินจากการทดสอบหรือจากผลงานที่นักเรียนทำ เพื่อวัดว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้อะไรระดับใดผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่าน แต่การเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองเป็นเป้าหมายในการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่ง กำหนดไว้ว่า "ความรับผิดชอบหลักของผู้เรียน คือ กิจกรรมการวางแผนการดำเนินการตามแผน และการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง" ดังนั้น เครื่องมือในการประเมินผล ที่ใช้จึงต้องประเมินพัฒนาการของผู้เรียนโดยสอดคล้องกับหลักการทางการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานด้วย (Brockkett, 1983, อ้างถึงใน พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์ และ Majumder Basarti, 2544, หน้า 123) การประเมินผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ได้มีผู้เสนอวิธีไว้ดังนี้

ดีไลเซิล (Delisle, 1997, pp. 37-47) ได้กล่าวว่า การประเมินผลจะต้องบูรณาการ ตั้งแต่ขั้นตอนการสร้างปัญหา ขั้นตอนการเรียนรู้ ความสามารถและผลงานที่นักเรียนแสดงออก มาเข้า

ด้วยกันโดยได้เสนอว่าการประเมินผลควรกระทำทั้ง 3 ส่วนคือการประเมินผลนักเรียนการประเมินผลตัวเองของครูและการประเมินผลปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ โดยในแต่ละการประเมินผลนักเรียนจะมีส่วนร่วมด้วยและการประเมินผลจะดำเนินไปตลอดเวลาของการเรียนรู้คือตั้งแต่สร้างปัญหาจนถึงรายงานการแก้ปัญหานั้นซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินผลนักเรียนการประเมินผลความสามารถนักเรียนจะเริ่มตั้งแต่วันแรกของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจนกระทั่งวันสุดท้ายที่ได้เสนอผลออกมาครูจะใช้ขั้นตอนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือในการติดตามความสามรถของนักเรียน ซึ่งพิจารณาทั้งในด้านความรู้ทักษะและการทำงานของกลุ่มตัวอย่างรูปแบบและคำถามที่ใช้เป็นแนวทางในการประเมินผลนักเรียน

การประเมินผลนักเรียนนั้นนอกจากจะเป็นหน้าของครูแล้วนักเรียนยังต้องมีบทบาทในการประเมินตนเองด้วยโดยมีเป้าหมายในการประเมินความสามารถของตนที่มีต่อการทำงานในกลุ่มเพื่อทราบบทบาทของตนที่มีต่อกลุ่ม

2. การประเมินผลตัวเองของครูในขณะที่นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้และความสามารถออกมาครูก็ควรพิจารณาตนเองถึงทักษะและบทบาทของตนเองที่ได้แสดงออกไปว่าส่งเสริมผู้เรียนหรือไม่อย่างไรด้วยโดยอาจใช้คำถามในตารางที่ 5 เป็นแนวทางในการประเมินตนเองการประเมินตนเองของครูมี 2 รูปแบบคือรูปแบบที่เขียนบรรยายและแบบที่เลือกระดับความสามารถว่าดีมากดีหรือพอใช้ของแต่ละพฤติกรรมที่ครูแสดงแล้วส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

3. การประเมินผลปัญหาในขณะที่นักเรียนประเมินผลตนเองและครูทำการประเมินผลนักเรียนและตนเองก็ควรทำการประเมินผลปัญหาเพื่อดูความมีประสิทธิภาพของปัญหาในการจัดการเรียนการสอนด้วย

บาเรลล์ (Barell, 1998, pp.159-160) กล่าวว่าการประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะดังนี้

1. ประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลายไม่ประเมินผลด้วยการสอบเพียงอย่างเดียวและไม่ควรประเมินผลแค่ตอนจบบทเรียนเท่านั้น

2. ประเมินผลตามสภาพจริงโดยให้มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ของนักเรียนที่สามารถพบในชีวิตประจำวัน

3. ประเมินผลความสามารถที่แสดงออกมาหรือจากการทำงานที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในความคิดรวบยอด

เอนเกน และคอเซก (Eggen&Kuachak, 2001, pp. 256-259) ได้กล่าวถึงวิธีการประเมินผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานควรจะประเมินตามสภาพจริงและควรกำหนด

เป้าหมายที่มีความสัมพันธ์ในการประเมินดังนี้ ประการแรก ความเข้าใจในด้านกระบวนการที่เกี่ยวกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประการที่สอง การพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน และประการสุดท้ายสิ่งที่ได้รับจากเนื้อหาวิชา วิธีการประเมินมีดังนี้

1. การประเมินตามสภาพจริง เป็นการวัดผลการปฏิบัติงานของนักเรียนโดยตรงผ่านชีวิตจริง เช่น การดำเนินการด้านการสืบสวนค้นคว้า การร่วมมือกันทำงานกลุ่มในการแก้ปัญหา การวัดผลจากการปฏิบัติงานจริง เป็นต้น

2. การสังเกตอย่างเป็นระบบ เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เป็นการประเมินผลในด้านทักษะกระบวนการของผู้เรียนในขณะเรียนรู้ ผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจน เช่น การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ควรกำหนดเกณฑ์การประเมินดังนี้ การสร้างปัญหาหรือคำถาม การสร้างสมมติฐาน การระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม การอธิบายแนวทางในการรวบรวมข้อมูล และการประเมินผลสมมติฐานบนพื้นฐานของข้อมูลที่ดี

วิธีการประเมินผลจากนักการศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น จะต้องประเมินทั้งในด้านความรู้ที่นักเรียนได้รับ ซึ่งทำได้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานโดยใช้กระบวนการกลุ่มอาจทำได้โดยการประเมินโดยครูผู้สอน หรือนักเรียนเป็นผู้ประเมินตนเอง การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นถือว่าปัญหาเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากจึงต้องมีการประเมินปัญหาที่ใช้เป็นหลักในการเรียนการสอนในแต่ละครั้งนอกจากนี้ผู้สอนยังต้องมีการประเมินตนเองในการสอนแต่ละครั้งด้วย

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการประเมินผลทั้งในด้านความรู้ที่นักเรียนได้รับ ซึ่งทำได้โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิกและด้านกระบวนการในขณะเรียนรู้ จากการทำงานโดยใช้กระบวนการกลุ่ม ทำการประเมินโดยผู้สอนหรือนักเรียนเป็นผู้ประเมินตนเอง ซึ่งการประเมินผลจะเกิดขึ้นในกระบวนการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลของกระบวนการคิด โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

7. บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสำรวจ ค้นคว้าหาข้อมูล พร้อมทั้งวิเคราะห์ สังเคราะห์ และนำข้อมูลไปใช้ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ผู้เรียนยังต้องเป็นผู้ประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเองด้วยเหตุนี้บทบาทของนักเรียนและครูในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงต้องเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ได้มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงลักษณะของครูในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ สหรัฐอเมริกา (Illinois problem-based learning network, 1999 cited in Torp & Sage, 1998, pp. 64-65) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในขณะดำเนินกระบวนการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา ดังนี้

บทบาทของครูในขณะที่ดำเนินกระบวนการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา มีดังนี้

1. ครูออกแบบและกระตุ้นความสนใจนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้ ให้จัดโครงสร้างของการแก้ปัญหาหรือสร้างยุทธวิธีในการแก้ปัญหา

2. ครูมอบความเป็นอิสระให้กับนักเรียนในการเป็นผู้สำรวจ และควบคุมกระบวนการการสำรวจด้วยตัวเอง พร้อมกับเป็นผู้ให้คำแนะนำ ส่งเสริมให้คิด และฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้กับนักเรียน

3. ครูฝึกฝน แนะนำนักเรียนโดยอยู่ห่าง ๆ ในขณะที่นักเรียนดำเนินกระบวนการเรียนรู้จนได้คำตอบของปัญหาออกมา

บทบาทของผู้เรียนในขณะที่ดำเนินกระบวนการเรียนรู้ มีดังนี้

1. นักเรียนดำเนินการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ดึงดูดความสนใจและมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้นการเรียนรู้

2. นักเรียนจะสำรวจ ค้นคว้าข้อมูลที่ต้องการ ดำเนินการสำรวจอย่างมีเหตุผลและปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้อย่างอิสระ

3. นักเรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้

4. นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ เพื่อแก้ปัญหา

5. นักเรียนพัฒนาตนเองให้เป็นผู้เรียนรู้โดยชี้นำตนเองและเป็นนักแก้ปัญหา

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 9-13) ได้กล่าวว่า ผู้สอนมีบทบาทโดยตรงต่อการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น ลักษณะของผู้สอนที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานควรมีลักษณะ ดังนี้

1. ผู้สอนต้องมุ่งมั่นตั้งใจสูง รู้จักแสวงหาความรู้ เพื่อพัฒนาตนเองอยู่เสมอ

2. ผู้สอนต้องรู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของผู้เรียน เพื่อสามารถให้คำแนะนำช่วยเหลือผู้เรียนได้ทุกเวลา

3. ผู้สอนต้องเข้าใจขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้ทุกขั้นตอน เพื่อจะได้แนะนำให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนได้ถูกต้อง

4. ผู้สอนต้องมีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และการติดตามประเมินผลการพัฒนาของผู้เรียน

5. ผู้สอนต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้วยการจัดหาสนับสนุนสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ให้เหมาะสมเพียงพอ จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ จัดเตรียมห้องสมุด อินเทอร์เน็ต ฯลฯ

6. ผู้สอนต้องมีจิตวิทยา สร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวในการเรียนรู้ตลอดเวลา

7. ผู้สอนต้องชี้แจงและปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจ และเห็นคุณค่าของการเรียนรู้แบบนี้

8. ผู้สอนต้องมีความรู้ ความสามารถ ด้านการวัด และประเมินผลผู้เรียนตามสภาพจริงให้ครบทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

บทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

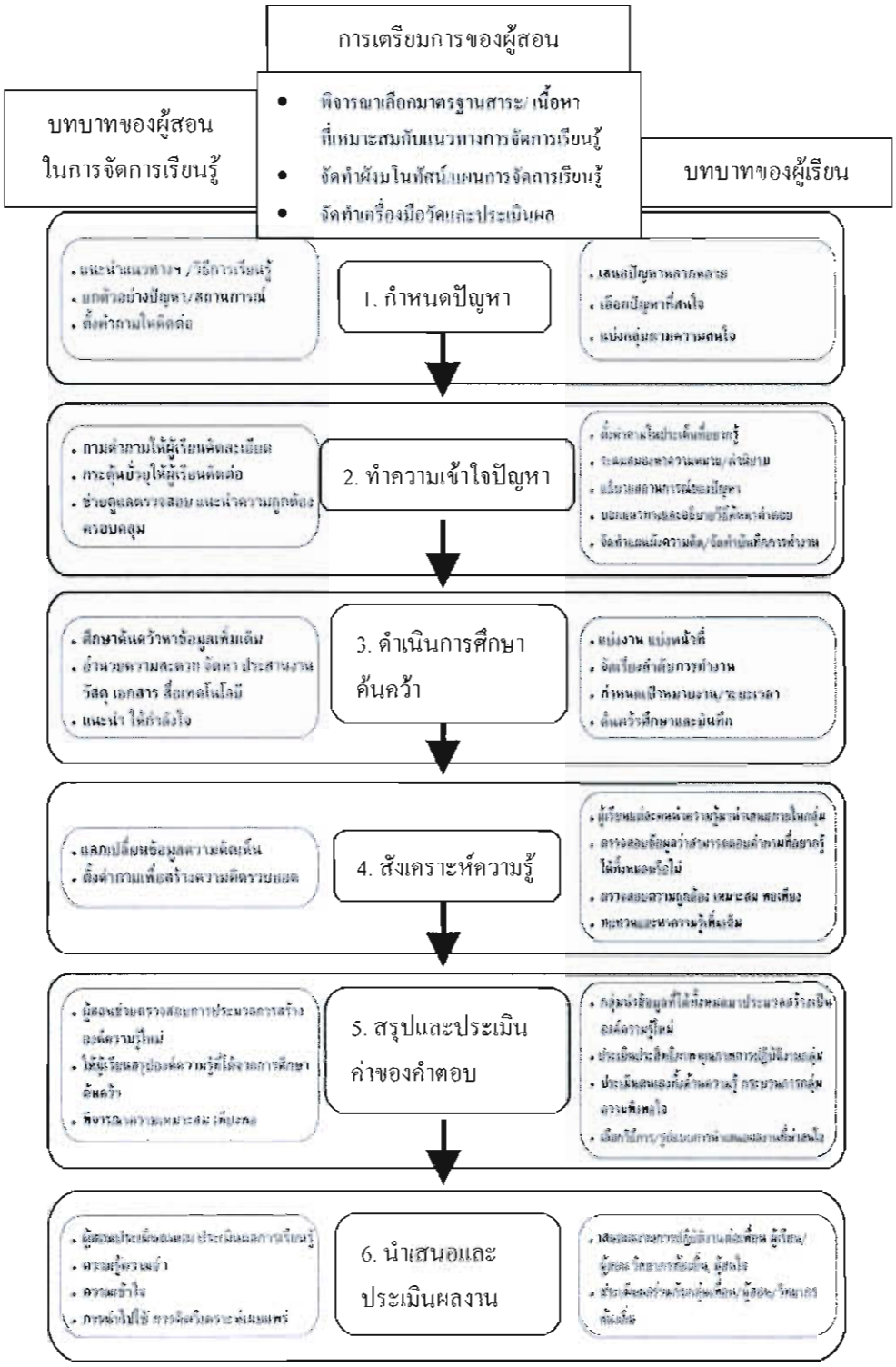
1. ผู้เรียนต้องปรับทัศนะคติในบทบาทหน้าที่และการเรียนรู้ของตนเอง

2. ผู้เรียนต้องมีคุณลักษณะด้านการใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบสูง รู้จักการทำงานร่วมกันอย่างมีระบบ

3. ผู้เรียนต้องได้รับการวางพื้นฐาน และฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น กระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูล การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การสรุป การแนะเสนอผลงาน และการประเมินผล

4. ผู้เรียนต้องมีทักษะการสื่อสารที่ดีพอ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่าเหมาะสมกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดในส่วนของบทบาทผู้สอนและบทบาทผู้เรียน ตามขั้นตอนทั้ง 6 ขั้นตอน ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550 หน้า 7)

8. ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ข้อดี

วอลตัน แม็ทธิวส์ วิกเกอร์สัน และเฟลเลตี (Walton, Matthews, Wikerson & Feleti, 1989 อ้างถึงใน พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์ และ Majumder Basarti, 2544, หน้า 44) กล่าวถึงประโยชน์ไว้ ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวได้ดีขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในเรื่องข้อมูลข่าวสารในโลกปัจจุบัน

2. เสริมสร้างความสามารถในการใช้ทรัพยากรของผู้เรียนได้ดีขึ้น

3. ส่งเสริมการสะสมการเรียนรู้ และการคงรักษาข้อมูลใหม่ไว้ได้ดีขึ้น

4. เมื่อใช้ในการแก้ปัญหาของสหสาขาวิชา ทำให้สนับสนุนความร่วมมือมากกว่าการแข่งขัน

5. ช่วยให้เกิดการตัดสินใจแบบองค์รวม

วัลลี สัตยาศัย (2547, หน้า 30-32) กล่าวว่า ระบบการศึกษาเดิม ทำให้ผู้เรียนได้รับการยัดเยียดเนื้อหาวิชาอย่างมากมาย แต่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เช่น ไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ดังที่นักจิตวิทยาการศึกษาได้กล่าวไว้ว่า วิธีการเรียนการสอน ที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดผลลัพธ์ต่อผู้เรียนที่แตกต่างกัน การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ได้รับความเชื่อว่า จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหา และทำให้ผู้เรียนมีความรักที่จะเรียนรู้อย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต จึงเป็นวิธีการที่ตอบสนองต่อความต้องการทางวิชาชีพในทุกสาขาวิชาชีพ อย่างไรก็ตาม ก็มีคำถามที่เกิดขึ้นว่า การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าในระบบการศึกษาเดิมได้จริงหรือ ซึ่งก่อนที่จะพิจารณาถึงคำตอบนี้ ขอให้พิจารณาถึงทฤษฎีการศึกษาที่ว่าด้วยเงื่อนไข 3 ประการซึ่งสนับสนุนการเรียนรู้ให้บังเกิดผลดี คือ

1. การกระตุ้นความรู้เดิม (Activation of prior knowledge) โดยธรรมชาติของการเรียนรู้มนุษย์เรามักจะใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่ มาช่วยในการทำความเข้าใจและเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ วิธีการเรียนรู้แต่ละวิธีจะสามารถกระตุ้นความรู้เดิมมาใช้ได้ไม่เท่าเทียมกัน วิธีใดที่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมออกมาใช้ได้มาก ก็จะยิ่งช่วยสนับสนุนในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ๆ ได้มากขึ้น

2. การเสริมความรู้ใหม่ที่เฉพาะเจาะจง (Encoding specificity) ถ้ามนการเรียนรู้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกับของจริงที่จะต้องไปประสบพบเห็นในอนาคต จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ดี และยังเป็นการจูงใจให้ผู้เรียนมีความปรารถนาที่จะเรียน เพราะรู้ว่าเรียนเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริงในอนาคต

3. การต่อเติมความรู้ให้สมบูรณ์ (Elaboration of knowledge) ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้อย่างเข้าใจได้ดีขึ้น จดจำได้แม่นยำ และสามารถนำความรู้นั้น ๆ ออกมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากผู้เรียนมีโอกาสได้เสริมต่อความเข้าใจในข้อมูลดังกล่าวให้สมบูรณ์มากขึ้น ด้วยการถาม-ตอบคำถามการจดบันทึก การอภิปรายร่วมกับผู้อื่น การสรุปข้อมูล ตลอดจนการตั้งสมมติฐานและพิสูจน์สมมติฐาน

ศิริพันธ์ ศิริพันธุ์ และยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ์ (2554, หน้า 109) ได้กล่าวถึงข้อดีของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. การเรียนแบบศึกษาตนเอง เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความตระหนักถึงบทบาทความรับผิดชอบต่อแผนและกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกแหล่งข้อมูล เลือกวิธีการเรียนรู้และประเมินผลด้วยตนเอง

2. การเรียนจะใช้กระบวนการกลุ่ม ทำให้เกิดข้อดีมากมาย เช่น

2.1 พัฒนาผู้เรียนให้มีความแข็งแกร่งทางอารมณ์ โดยผู้เรียนจะมีโอกาสเผชิญกับความรู้สึกที่รุนแรง ความขัดแย้ง และทัศนคติที่แตกต่างกันในกลุ่ม

2.2 กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ประสบการณ์ของตนเองและของกลุ่มมาแก้ปัญหา

2.3 เกิดการช่วยเหลือกันระหว่างเพื่อนในกลุ่ม ในการแสดงความรู้สึกประสบการณ์และสิ่งแวดล้อม การปฏิบัติต่าง ๆ มาใช้ในการตั้งคำถามและนำมาเป็นประเด็นปัญหา

2.4 เปิดโอกาสให้มีการอภิปรายเพื่อให้เกิดคุณค่าและเป้าหมายในทางบวก

2.5 ทำให้เกิดความร่วมมือในการทำงาน มีโอกาสเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ยอมรับกติกากลุ่ม

3. การเรียนจะใช้ปัญหาเป็นหลัก ทำให้เกิดข้อดี เช่น

3.1 ทำให้ผู้เรียนเกิดความตื่นเต้นในการค้นคว้าความรู้อย่างต่อเนื่องและแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ซึ่งต่างอาศัยความสามารถในการแยกแยะและวิเคราะห์ข้อมูล การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ การให้เหตุผล การศึกษาที่ละเอียดรอบคอบ รวมกับการสรุปที่ได้ประเด็นและสาระที่สำคัญ

3.2 ได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติและการให้เหตุผลต้องผ่านกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบบูรณาการ

จากข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ สามารถจำเนื้อหาความรู้ได้ง่ายและคงทนในความรู้นั้น อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ความสามารถในการแยกแยะและวิเคราะห์ข้อมูล การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ การให้เหตุผล การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

ข้อจำกัด

นภา หลิมรัตน์ (2540, หน้า 13-14) กล่าวว่า ข้อเสียของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เห็นง่ายที่สุด คือ ความไม่เคยชินกับวิธีเรียนแบบนี้ เพราะว่าคุ้นเคยกับการเรียนแบบเก่า นอกจากนี้การเรียนรู้จากกรณีศึกษา พบว่าครอบคลุมเนื้อหาได้น้อยกว่า แต่เรียนได้ลึกซึ้งกว่า ซึ่งจะทำให้ผู้เรียน ผู้สอนมาสบายใจ เพราะเกรงว่าจะยังขาดเนื้อหาบางส่วนที่ไม่ได้ถูกนำมาเรียนโดยกรณีศึกษา เราอาจต้องจำกัดสิ่งที่เราต้องการเรียนรู้จากกรณีศึกษาหนึ่งกรณีลง และจัดให้มีในกรณีศึกษาอื่น ๆ ถัดไป เพราะฉะนั้นในภาพรวมเนื้อหาที่จะถูกเรียนรู้จะครอบคลุมมากขึ้น ข้อเสียประการที่ 3 คือ การเรียนด้วยวิธีนี้ ต้องใช้เวลาขึ้นในการเรียนเนื้อหาเท่าเทียมกัน เมื่อเทียบกับการเรียนรู้ด้วยวิธีดั้งเดิม ทำให้บางคนรู้สึกว่าเป็นการเสียเวลา

นมสภรณ์ วิฑูรเมธา (2544, หน้า 67) สรุปไว้ ดังนี้

1. อาจารย์จะต้องเปลี่ยนรูปแบบการสอนใหม่ เปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยการสอน จำเป็นต้องมีการอบรมก่อนที่จะวางแผน และจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

2. อาจารย์ต้องมีความชำนาญในการเตรียมและเลือกสื่อการเรียน ทั้งที่เป็นเอกสาร โสตทัศนูปกรณ์ต่าง ๆ จึงจะทำให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์

3. มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ห้องเรียนต้องมีห้องประชุมกลุ่มย่อย ห้องสมุด อุปกรณ์ช่วยสอน ดังนั้น สถาบันการศึกษาต้องเตรียมในสิ่งเหล่านี้ ถ้าสถาบันขาดปัจจัยในการพัฒนานี้ การจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน คงประสบผลสำเร็จได้ยาก

จากข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา ดังกล่าวข้องต้น สรุปได้ว่า ในส่วนของผู้สอนอาจต้องทำความเข้าใจและมีความชำนาญในการสอนแบบนี้ เนื่องจากบทบาทหน้าที่ของผู้สอนเปลี่ยนไป ในส่วนของผู้เรียนเอง อาจเกิดความไม่เคยชินกับการเรียนในรูปแบบนี้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น อาจต้องปรับให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ต้องสอน เพื่อให้สามารถเก็บเนื้อหาที่ผู้เรียนต้องรู้ได้อย่างครบถ้วน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยปรับให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ซึ่งได้จัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยได้นำแนวคิด หลักการของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นกำหนดปัญหา 2) ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา 3) ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า 4) ขั้นสังเคราะห์ความรู้ 5) สรุปและประเมินค่าของคำตอบ 6) ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานนั้น จะมีการเพิ่มเติมกิจกรรม หรือแหล่งการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลที่ให้นักเรียนได้ใช้ในกระบวนการทำความเข้าใจและการแก้ปัญหาได้

9. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในหลักสูตรวิทยาศาสตร์

ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ มีการนำรูปแบบการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้พัฒนาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ ที่มหาวิทยาลัย Delaware วิชาชีววิทยา ที่วิทยาลัย Selkirk ประเทศแคนาดา แอลเลน ดัช บาร์บาร่า โกรฮ์ และซูซาน (Allen, Duch, Barbara, Groh, & Susan, 1996, p. 43) กล่าวไว้ สรุปได้ว่า แนวคิดของการนำการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้กับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการเรียนการสอนแบบเดิมใช้การบรรยายเนื้อหา มโนทัศน์และหลักการที่เป็นนามธรรมจะถูกนำเสนอก่อนและต่อมาจึงนำเสนอตัวอย่าง ซึ่งห่างไกลจากประสบการณ์และความสนใจของผู้เรียนแต่ละคน และเน้นการจำข้อเท็จจริง และเป็นการแก้ปัญหาด้วยการคำนวณมากกว่าความเข้าใจ การแก้ปัญหาด้วยการเสนอด้วยตัวความรู้ ก่อให้เกิดปัญหาคือ ผู้เรียนไม่รู้ว่าทำไมและสิ่งใดที่พวกเขาได้เรียนรู้ ซึ่งการเรียนดังกล่าวเป็น เครื่องกั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความสำคัญของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

กาแลงเจอร์ สเตเปียน เชอร์ และเวิร์คแมน (Gallagher, Stepien, Sher, & Workman, 1995, p. 136) กล่าวว่า การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การเรียนมโนทัศน์ที่มีความหมาย ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองและพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนรู้ว่าเรียนทำไม ข้อมูลที่เรียนมีความจำเป็นอย่างไร เป็นการเรียนที่คล้ายกับนักวิทยาศาสตร์ที่จะไม่ปฏิบัติการทดลองก่อนที่จะระบุคำถามที่ไม่สามารถอธิบายได้ เช่นเดียวกับการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่จะไม่เริ่มต้นเรียนจนกว่าจะประสบกับปัญหา

แอลเลน และคณะ (Allen et al., 1996, p. 44) ให้เหตุผลของการนำการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความร่วมมือภายในกลุ่มทำงาน เพื่อสนับสนุนพัฒนาการทางสังคมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะทางภาษา การเขียนเพื่อติดต่อสื่อสารและทักษะการสร้างทีมงาน ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการประสบความสำเร็จหลังจากจบการศึกษา

2. ได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในบริบทที่สามารถนำไปใช้ได้

3. การรู้วิธีการเรียน เป็นพื้นฐานของความรู้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนรู้วิธีการเรียนเพื่อระบุว่าข้อมูลอะไรที่จำเป็นสำหรับนำมาประยุกต์ใช้โดยเฉพาะค้นคว้าข้อมูลได้จากที่ไหนอย่างไร รวบรวมข้อมูลและจัดระบบแนวคิดได้อย่างไร

4. การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการแสวงหาความรู้เช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินการจากสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่รูปธรรม และจากสิ่งที่รู้ไปสู่สิ่งที่ไม่รู้

5. การเชื่อมโยงความรู้ในสาขาต่าง ๆ โดยใช้ปัญหาเป็นตัวนำการเรียน ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ในสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาสัมพันธ์กัน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหานอกจากนี้ แอลเลน กล่าวอีกว่า "นักวิทยาศาสตร์ตระหนักว่าพวกเขาไม่สามารถจดจำข้อมูลที่จำเป็นในวิชาชีพของเขาได้หมด การเรียนเพื่อที่จะบรรลุข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่ต้องรู้การรู้จักแหล่งการเรียนที่จะค้นคว้า วิเคราะห์ และใช้ข้อมูลเหล่านั้น เป็นทักษะที่สำคัญสำหรับการเรียนมากกว่า"

เมอร์สัน และพาริคห์ (Mierson & Parikh, 2000, p. 22) กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีที่เหมาะสมกับผู้เรียน ในกลุ่มผู้เรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้เรียนไม่เพียงแก้ปัญหา เรียนเนื้อหาและเรียนรู้วิธีการเรียน แต่ยังมีส่วนร่วมกับคนอื่น ๆ มีการยินยอมเพื่อพูดคุยเกี่ยวกับความรู้สึกต่อสู้ สนุก เฝ้ามองและดูแลคนอื่น ๆ ในบางโอกาส

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การนำรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในหลักสูตรวิทยาศาสตร์นั้น มีหลักการที่สอดคล้องกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นการทำงานของนักวิทยาศาสตร์นั่นเอง ซึ่งผู้เรียนที่ได้รับการเรียนด้วยรูปแบบนี้ จะเกิดการสร้างองค์ความรู้ภายใต้มโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ เกิดการเรียนรู้มโนทัศน์ที่มีความหมาย การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สิ่งที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ผู้เรียนมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกับนักวิทยาศาสตร์ด้วย ซึ่งแน่นอนว่าลักษณะนิสัยของนักวิทยาศาสตร์นั้น จะส่งผลให้ผู้เรียนเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตนั่นเอง

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของมโนทัศน์

คำว่า "มโนทัศน์" เป็นคำที่แปลมาจากคำภาษาอังกฤษว่า Concept ตามราชบัณฑิตยสถาน ซึ่งมโนทัศน์มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า ความคิดรวบยอด (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555, หน้า 106) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำว่า "มโนทัศน์" ซึ่งนักการศึกษาไทยและต่างประเทศได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

มานิดา เพชรรัตน์ (2531, หน้า 44 อ้างถึงใน พันธ์ ทองชุมนุม, 2547, หน้า 196-197) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งของหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยความรู้ความเข้าใจในสิ่งของหรือปรากกฏการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละคนอาจมีความแตกต่างกัน หรือในบุคคลเดียวกันมโนทัศน์สิ่งของหรือปรากฏการณ์เดียวกันของแต่ละคนอาจมีความแตกต่างกัน

หรือในบุคคลเดียวกันมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งของหรือปรากฏการณ์เดียวกัน อาจมีความแตกต่างกันตามอายุ ประสบการณ์ อย่างไรก็ตามมโนทัศน์ที่ถูกต้องนั้นมีลักษณะเป็นความจริงเดียวเสมอ คือ สามารถสังเกตหรือทดสอบซ้ำได้ผลเหมือนเดิมทุกประการ

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 198) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์เป็น 2 แนวทางว่า

1. มโนทัศน์ที่หมายถึงการสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึงการนำข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความหมายที่บุคคลพึงเข้าใจได้

2. มโนทัศน์ที่หมายถึงผลของการใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลมีการใช้จินตนาการอย่างรอบคอบก่อให้เกิดการเรียนรู้หรือรู้แจ้งอย่างลึกซึ้ง (Insight)

ไพเราะ ทิพย์ทัศน์ (2532, หน้า 142 อ้างถึงใน พันธ์ ทองชุมนุม, 2547, หน้า 197) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า หมายถึงความคิดหลัก (Main idea) ของคนเราที่มีต่อสิ่งของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้น ๆ กล่าวคือ เมื่อเราดำเนินการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะก่อให้เกิดการรับรู้ (Perception) สามารถแยกแยะความเหมือน ความแตกต่าง สรุปรวมเอาลักษณะที่สำคัญ ๆ มาไว้ด้วยกัน มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งนั้น ๆ แล้วสร้างขึ้นมาเป็นแนวความคิดหลักในลักษณะที่แสดงซึ่งความเข้าใจ สามารถบรรยาย อธิบาย พยากรณ์สิ่งของเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องได้

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 123) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง ความเข้าใจจนสามารถกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้แบ่งประเภทสรรพสิ่งที่อยู่รอบตัวที่เป็นสิ่งของ วัตถุ พฤติกรรม และสิ่งที่เป็นนามธรรม

มาร์ติน (Matin, 1989 อ้างถึงใน เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2555, หน้า 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง ภาพในความคิดที่เปรียบเสมือน "ภาพตัวแทน" หมวดหมู่ของวัตถุ สิ่งของ แนวคิด หรือปรากฏการณ์ ซึ่งมีลักษณะทั่ว ๆ ไปคล้ายกัน

เอนเกน และกัวชาค (Eggen & Kauchak, 1997) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่าเป็นความคิดนามธรรมที่ใช้ในการจัดจำแนกกลุ่มของวัตถุ เหตุการณ์ หรือความคิดซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญของการจัดหลักสูตร การจัดจำแนกจะขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ หรือตัวแทนความคิดที่ทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น

จากความหมายของมโนทัศน์ข้างต้นของนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ สรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ซึ่งทำให้บุคคลนั้นสามารถสรุปลักษณะที่เหมือนหรือแยกแยะลักษณะที่แตกต่างของวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม ใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือความคิดหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

2. องค์ประกอบของมโนทัศน์

สิ่งที่จะเรียกว่าเป็นมโนทัศน์หรือไม่นั้นต้องมีองค์ประกอบหลัก 5 องค์ประกอบ ดังนี้ (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547, หน้า 199)

1. ชื่อ (Name) เป็นคำหรือข้อความที่ใช้เรียกกลุ่ม หรือหมวดหมู่ของประสบการณ์ในลักษณะร่วมเป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนก ตัวอย่างเช่น พืช สัตว์ เซลล์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าสิ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันก็อาจต่างกันในรายละเอียดปลีกย่อยกันก็ได้

2. ตัวอย่าง (Example) เป็นตัวอย่างของมโนมติในมโนมติหนึ่ง ๆ จะต้องมีตัวอย่างประกอบเสมอ ซึ่งจะมีคุณลักษณะที่ร่วมกันที่จัดวัตถุหรือเหตุการณ์นั้นเข้าด้วยกัน

3. คุณลักษณะ (Attribute) หมายถึง คุณลักษณะที่สำคัญโดยทั่ว ๆ ไป ที่ใช้เป็นลักษณะร่วมหรือเป็นเกณฑ์ในการจัดในการจัดสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นกลุ่มหมวดหมู่เดียวกัน เช่น สุนัข ลักษณะพันธุ์ สี ขนาด เป็นคุณลักษณะที่ต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาร่วมกันทำให้แยกออกได้ว่า สัตว์นั้นเป็นสุนัขที่ต่างไปจากม้า วัว เป็นต้น

4. คุณค่าของคุณลักษณะ (Attribute value) ในการจำแนกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้คุณลักษณะเฉพาะนั้น เราจะพบว่าคุณลักษณะเฉพาะบางอย่างมีคุณค่าหลายระดับ ฉะนั้นเราจึงต้องพิจารณาระดับของคุณค่าของคุณลักษณะที่ใช้จัดเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ด้วยกัน เช่น สุนัขเป็นสัตว์เลี้ยงชนิดหนึ่งที่มีคุณลักษณะที่พิจารณา ได้แก่ พันธุ์ สี ขนาด เช่น คุณลักษณะพันธุ์เปลี่ยนแปรได้หลากหลายคุณค่า พันธุ์หลังอาน พันธุ์ธรรมดา คุณลักษณะของสุนัขเปลี่ยนแปรได้หลากหลายคุณค่า เช่น สีดำ สีแดง สีขาว เป็นต้น

5. กฎเกณฑ์ (Rule) คือ การให้นิยามหรือข้อความที่สรุปลักษณะที่สำคัญหรือคุณค่าที่จำเป็นของมโนมติ ซึ่งจะบ่งบอกถึงความสำคัญระหว่างคุณลักษณะหรือคุณค่าที่ร่วมกันเป็นมโนมตินั้น ตัวอย่างเช่น การปรุงอาหาร คือ การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบโดยใช้ความร้อนหรือความเย็น

จากองค์ประกอบของมโนทัศน์ จะเห็นได้ว่าสิ่งที่จะเรียกว่าเป็นมโนทัศน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้น จะต้องครอบคลุม ดังนี้ ชื่อ ตัวอย่าง คุณลักษณะ คุณค่าและคุณลักษณะและกฎเกณฑ์ ซึ่งในงานวิจัย ผู้วิจัยนำมาพิจารณาและวิเคราะห์มโนทัศน์ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก เพื่อให้เกิดความครบถ้วนและสมบูรณ์ของเนื้อหาที่เป็นมโนทัศน์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ

3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 116) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง รูปแบบความรู้ซึ่งเกิดจากการจัดกลุ่มหรือการจัดประเภทของสิ่งที่ได้จากการสังเกตหลาย ๆ อย่างเข้าด้วยกัน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2537. หน้า 11) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดหรือเรื่องหนึ่งเรื่องใดมีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ จนเกิดเป็นความเข้าใจเรื่องนั้นของแต่ละบุคคล

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 4) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ละคนอาจจะมีมโนทัศน์ต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคลนั้น ๆ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classificational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ บอกคุณสมบัติรวม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือสถานการณ์นั้น ๆ ตัวอย่างเช่น

- ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย

- สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัตว์มีกระดูกสันหลัง และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

2. มโนทัศน์ทางทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมด แต่มีหลักฐานเป็นเหตุเป็นผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง ตัวอย่างเช่น

- น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน

- โปรตีนเป็นสารอาหารที่อยู่ในเนื้อสัตว์

3. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น

- อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น

- ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 202) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับข้อเท็จจริงต่าง ๆ ของสสาร พลังงานและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ

มาร์ดิน (Martin, 1997, p. 40) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงระหว่างข้อเท็จจริงหลาย ๆ ข้อเท็จจริง หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลาย ๆ ครั้งต่างวาระต่างเวลากัน

ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น "พืชสีเขียวต้องการแสงในการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อการเจริญเติบโต" เป็นการเชื่อมโยงระหว่างสองส่วนคือ แสง และการเจริญเติบโตของพืชสีเขียว

จากความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า ความรู้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับข้อเท็จจริง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือประสบการณ์จนสามารถสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง

4. การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

การสอนเพื่อพัฒนามโนทัศน์

วิทยาศาสตร์ศึกษามีความปรารถนาที่จะพัฒนายุทธวิธีในการสอนและการเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนเปลี่ยนความคิดของตนเองให้เป็นความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific ideas) อันเป็นที่ยอมรับ เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา ได้มีการพูดถึงการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนให้ถูกต้องโดยอาศัยแนวคิดของ Constructivist และโมเดลการเรียนรู้มโนทัศน์ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 51)

ออสบอร์น และวิตต์รอค (Osborne & Wittrock, 1993) ได้เสนอส่วนประกอบของบทเรียนที่ควรออกแบบมาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เช่น

- การเตรียมบทเรียนของครูที่นำไปสู่ความเข้าใจความคิดของนักวิทยาศาสตร์และความคิดของนักเรียน

- นักเรียนจะเกิดความคุ้นเคยกับบริบทของความคิดต่าง ๆ จากประสบการณ์ที่ได้รับจากปรากฏการณ์ที่นำมาอภิปรายร่วมกัน

- นักเรียนสามารถทำให้ความคิดของตนเองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นำมาอภิปรายชัดเจนขึ้น

- นักเรียนนำเสนอความคิดของตนเองเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการอภิปรายเกี่ยวกับความคิดและความเข้าใจที่แตกต่างกัน

- นักเรียนและครูควรรู้คุณค่าของความคิดเห็นของคนอื่น ๆ เพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนับสนุนซึ่งกันและกัน ความคิดของนักเรียนทุกคนมีคุณค่าต่อประสบการณ์การเรียนรู้ภายในชั้นเรียน

- การเปลี่ยนสภาพของความคิดที่แตกต่างกัน เพื่อนักเรียนจะได้เห็นว่าความคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดที่สามารถเข้าใจได้ (Intelligible) มีเหตุผลฟังได้ (Plausible) และทำให้บรรลุผลประโยชน์ต่อการเรียนรู้ต่อไป (Fruitfull) ปกติแล้ววิธีการนี้ทำได้โดยการเปรียบเทียบความคิดของนักเรียนกับความคิดที่พึงปรารถนา

- การต่อเติมความคิดใหม่เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบตัวอย่างของปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันหรือปรากฏการณ์ใหม่เพื่อช่วยให้ตัวเขาเองให้รู้คุณค่าว่า ความคิดใหม่เป็นที่เข้าใจได้ มีเหตุผลและมีประโยชน์และสามารถเชื่อมโยงได้กับความคิดอื่น ๆ ที่อยู่ในการจำระยะยาว

ส่วนประกอบดังกล่าวได้ถูกพัฒนาต่อโดย ออสบอร์น, เบลล์ และกิลเบิร์ท (Osborne, Bell & Gilbert, 1983) ฮิลสัน และฮิวสัน (Hewson & Hewson, 1988, pp. 732-734) สิ่งที่นักเรียนต้องคิดทำเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ สรุปได้ดังนี้

- นักเรียนต้องตระหนักถึงความคิดของตนเองและผู้อื่นและทำความคิดเห็นดังกล่าวให้ชัดเจนขึ้น

- การแก้ปัญหาของความไม่สอดคล้องทางปัญญา

- การสร้างความคิดใหม่และ/ หรือจัดระบบมโนทัศน์ที่มีอยู่แล้ว

- การยอมรับแนวคิดใหม่

- การใช้ความคิดใหม่ในสถานการณ์ที่คุ้นเคยและในสถานการณ์ใหม่

นาตยา ปิลันธนานนท์, มธุรส จงชัยกิจ และศิริรัตน์ นีละคุปต์ (2542, หน้า 15) ได้เสนอวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์ไว้ 2 วิธี คือ การสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์แบบ Deductive และการสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์แบบ Inductive แต่ละวิธีมีขั้นตอนดังนี้

1. การสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์แบบ Deductive

1.1 กำหนดมโนทัศน์ที่จะสอนและแจ้งให้ผู้เรียนทราบ

1.2 อธิบายความหมายของมโนทัศน์ที่จะสอน

1.3 ให้ผู้เรียนดูและคัดเลือกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่จะสอน

1.4 ให้ผู้เรียนเสนอตัวอย่างใหม่เพิ่มเติมที่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ที่จะสอน

1.5 ให้ผู้เรียนสรุป อธิบายอีกครั้งหนึ่งว่ามโนทัศน์นั้นเป็นอย่างไร

2. การสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์แบบ Inductive

2.1 ผู้สอนไม่บอกมโนทัศน์และอธิบายความหมายของมโนทัศน์ที่จะสอนแก่ผู้เรียน

2.2 ให้ผู้เรียนดูตัวอย่างแล้วให้เลือกตัวอย่างเหล่านั้นมีอะไรที่เป็นกลุ่มเดียวกันได้และอะไรที่ไม่เข้ากลุ่มกัน

2.3 ให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะที่มีอยู่ร่วมกันในตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2.4 ให้ผู้เรียนคิดตั้งชื่อหรือกลุ่มคำจากตัวอย่างเหล่านั้น

2.5 ให้ผู้เรียนสรุป อธิบาย ความหมายของคำหรือกลุ่มคำที่ตั้งขึ้นว่าหมายความว่าอย่างไร

มาร์ดิน (Martin, 1997, p. 41) ได้กล่าวถึงการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีวิธีการสอน พอสรุปได้ดังนี้

1. ครูเป็นผู้กำหนดเหตุการณ์ หรือปัญหา หรือเนื้อหาที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้

2. ให้นักเรียนได้วางแผนการแก้ปัญหา การสำรวจ การทดลอง หรือวิธีการที่จะได้ข้อมูลมาเพื่ออธิบายจากเหตุการณ์ หรือปัญหา หรือเนื้อหาที่ศึกษา

3. ให้นักเรียนได้เป็นเจ้าของความรู้เอง โดยให้นักเรียนเป็นผู้สรุปความรู้เอง

4. ครูให้คำแนะนำและคอยซักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้มโนทัศน์ที่ถูกต้อง

5. การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 21-29) การสร้างข้อสอบเพื่อใช้วัดความรู้ได้ตรงจามจุดประสงค์การเรียนรู้ เริ่มต้นจากการทำตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา เพื่อเป็นแนวทางการสร้างข้อสอบวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ คำถามหรือปัญหา และคำตอบที่มีลักษณะเป็นตัวเลือกทั้งที่เป็นคำตอบถูกต้องและคำตอบผิด ลักษณะข้อสอบที่นิยมใช้ประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีคำถามเดี่ยว ข้อสอบแบบเลือกดอบที่ใช้ข้อมูลชุดเดียวกันเพื่อการถามด้วยคำถามหลายข้อ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีคำถามหลายตอนหรือข้อสอบแบบผสมผสานที่มีทั้งให้เลือกดอบและเขียนตอบ

ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบ ที่ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 เป็นคำถามที่มีตัวเลือก 2 ข้อ หรือมากกว่า

ตอนที่ 2 เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนบอกเหตุผลการเลือกตอบตอนที่ 1

สำหรับการให้คะแนน การทำข้อสอบแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

1. ให้คะแนนตอนที่ 1 เมื่อเลือกตัวเลือกที่ถูกต้อง

2. ให้คะแนนในตอนที่ 2 เมื่อบอกเหตุผลได้สอดคล้องกับการเลือกตอบตอนที่ 1

ซึ่งการทดสอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตอน ใช้ประเมินผลความสามารถด้านการคิดอย่างมีเหตุมีผลได้ดี

นอกจากนี้ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตอน อาจเป็นลักษณะผสมผสานที่มีทั้งการเลือกตอบและการเขียนตอบ ข้อสอบลักษณะนี้ใช้วินิจฉัยผู้เรียนครอบคลุมความรู้ความคิดความสามารถในการิเคราะห์ การให้เหตุผลและการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การทดลองวัดความดันโลหิตของชาย 5 คน และหญิง 6 คน ที่มีอายุตั้งแต่ 15-17 ปี และบันทึกผลการทดลองไว้

0. สมมติฐานของการทดลองนี้ คืออะไร

ก. ความดันโลหิตสัมพันธ์กับเพศ

ข. ความดันโลหิตสัมพันธ์กับเพศและอายุ

ค. ความดันโลหิตของหญิงและชายวัยเดียวกันไม่แตกต่างกัน

00. จงแสดงเหตุผลในการเลือกตอบ

(1) เหตุผลที่เลือกตอบ ข้อ ก. คือ.....

(2) เหตุผลที่เลือกตอบ ข้อ ข. คือ.....

(3) เหตุผลที่เลือกตอบ ข้อ ค. คือ.....

ปีเตอร์สัน และทรัวกัสท์ (Peterson & Treagust, 1992 อ้างถึงใน ธวัชชัย คงนุ่ม, 2550, หน้า 47) ได้พัฒนาแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์โดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบแต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นคำถาม

ตอนที่ 2 เป็นการคำถามเหตุผลที่นักเรียนใช้ประกอบการดอบคำถามในตอนที่ 1

ทรัวกัสท์ (Treagust, 1992 อ้างถึงใน ธวัชชัย คงนุ่ม, 2550, หน้า 48) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง แสงและสมบัติของแสง โดยใช้การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามทฤษฎีของพอสเนอร์ และคณะ แล้วทำการวัดมโนทัศน์ตามแบบของปีเตอร์สัน และ ทรัวกัสท์ โดยในตอนที่ 1 ได้ใช้คำถามแบบปรนัย 3 ตัวเลือก และในตอนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลประกอบ ดังตัวอย่าง 000. ถ้าดำและแดงกำลังอยู่ในห้องมืด ทั้งสองคนจะเห็นวัตถุที่อยู่ในห้องมืดหรือไม่

ก. ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้เลย

ข. สามารถมองเห็นวัตถุได้บางส่วน

ค. สามารถมองเห็นวัตถุได้ชัดเจน

เหตุผลที่ใช้ประกอบการตอบคำถาม.....

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 205) ได้กล่าวถึงการตรวจสอบมโนทัศน์ผู้เรียนว่า เมื่อผู้สอนได้ทำการสอนในเรื่องใดเรื่องหนึ่งไปแล้ว สิ่งที่ผู้สอนอยากทราบก็คือผู้เรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้และมีมโนทัศน์ในสิ่งที่ได้สอนไปแล้วนั้นถูกต้องตามที่คาดหวังหรือไม่ สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถระบุหรือเรียกชื่อมโนทัศน์นั้นได้

2. สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้

3. สามารถจำแนก คัดเลือก ยกตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์นั้นได้

4. สามารถอธิบาย รวมถึงสรุปความหมายของมโนทัศน์นั้นได้จากความรู้ ความเข้าใจของตนเอง ด้วยภาษาของตนเองได้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยประยุกต์ใช้จากลักษณะของแบบทดสอบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ของปีเตอร์สัน และ ทรัวกัสท์ ที่ประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และในแต่ละข้อให้ผู้เรียนบอกเหตุผลการเลือกตอบ โดยคำถามในส่วนที่ 1 จะเกี่ยวกับมโนทัศน์ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นมโนทัศน์หลักที่ถูกต้องตามกระบวนการเรียนรู้ที่พิจารณาจากการตรวจสอบมโนทัศน์ของพันธ์ ทองชุมนุม และส่วนที่ 2 การบอกให้เหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้น เป็นมโนทัศน์รองที่แสดงถึงความสอดคล้องกับการเลือกตอบในส่วนที่ 1

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

เวสบุ๊ค และเมิร์ค (Westbook & Marck, 1992 อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2553, หน้า 74) ได้จัดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์รายข้อ ตามลำดับความเข้าใจ เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete understanding) หมายถึง คำตอบถูกต้องและให้เหตุผลที่สมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ ให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial understanding) หมายถึง คำตอบถูกต้องและให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with specific alternative conception) หมายถึง คำตอบถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5. ไม่เข้าใจ (No understanding) หมายถึง คำตอบไม่ตรงกับคำถามหรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดเฉพาะบทเรียน แบบทดสอบเป็นแบบให้นักเรียนเลือกตอบและแสดงเหตุผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วนำคำตอบและเหตุผลนั้นมาจัดลำดับแนวคิด โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

2. แนวความคิดไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์

3. แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

จากเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยได้ปรับปรุงวิธีการจัดลำดับมโนทัศน์ตามแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นแนวทางในการวิเคราะห์มโนทัศน์และให้คะแนน โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2. มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ให้ 2 คะแนน

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ผู้วิจัยนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเพิ่มเติมกิจกรรม เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวมถึงการสร้างแบบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน สำหรับการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของการคิดวิเคราะห์

จากการศึกษาแนวคิด หลักการของกระบวนการคิดของนักการศึกษา นักคิด นักจิตวิทยาทั้งหลายการคิดวิเคราะห์เป็นเพียงพื้นฐานหรือขั้นตอนหนึ่งการคิดระดับสูง แต่ละท่านก็จะมีรายละเอียดแตกต่างกันออกไป โดยจะมีข้อความที่แสดงถึงการคิดวิเคราะห์ปรากฏอยู่ ซึ่งได้ให้ความหมายไว้หลายลักษณะดังนี้

ชาติ แจ่มนุช (2545, หน้า 54) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการคิดที่สามารถแยกสิ่งสำเร็จรูป ได้แก่ วัตถุสิ่งของต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวหรือบรรดาเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ตามหลักการหรือเกณฑ์ที่กำหนดให้ เพื่อค้นหาความจริงหรือความสำคัญที่แฝงอยู่ภายใน

ประพันธ์ศิริ สุเลารัจ (2551, หน้า 48) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความคิดในการจำแนกแยกแยะข้อมูลองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุหรือเรื่องราว

เหตุการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ แก่นแท้ องค์ประกอบหลักการของเรื่องนั้น ๆ ทั้งที่อาจจะแฝงอยู่ภายในสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมทั้งหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ จนได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุป การประยุกต์ใช้ การทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

สุวิทย์ มูลคำ (2553, หน้า 9) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้หลายลักษณะดังนี้หมายถึง ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อค้นหาสภาพความจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 111) ได้ให้ความหมายของ การคิดเชิงวิเคราะห์ว่าเป็นการแสวงหาข้อเท็จจริง (Fact) ตูตรรกะ (Logic) หาทิศทาง (Direction) หาเหตุผล (Reason) และมุ่งแก้ปัญหา (Problem-solving)

จากที่กล่าวมาข้างต้นอาจสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง รวมทั้งหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งนั้นด้วยเพื่อค้นหาสาเหตุของสิ่งที่เกิดขึ้น

2. องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2553, หน้า 17) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบสำคัญ ได้ดังนี้

1. สิ่งที่กำหนดให้ เป็นสิ่งสำเร็จรูปที่กำหนดให้วิเคราะห์ เช่น วัตถุ สิ่งของ เรื่องราว เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. หลักการหรือกฎเกณฑ์ เป็นข้อกำหนดสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งของที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน

3. การค้นหาความจริง หรือความสำคัญ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ตามหลักการหรือกฎเกณฑ์ แล้วทำการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุป

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2553, หน้า 26-30) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงวิเคราะห์ ไว้ ดังนี้

1. ความสามารถในการตีความ เราจะไม่สามารถวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ได้ หากไม่เริ่มต้นด้วยความเข้าใจข้อมูลที่ปรากฏ เริ่มแรกเราจึงจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้รับว่า อะไรเป็นอะไรด้วยการตีความ การตีความ (Interpretation) หมายถึง การพยายามทำความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เพื่อแปลความหมายที่ไม่ปรากฏโดยตรงของสิ่งนั้น เป็นการสร้างความเข้าใจ

ต่อสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์โดยสิ่งนั้น ไม่ได้ปรากฏโดยตรง คือ ตัวข้อมูลไม่ได้บอกโดยตรงแต่เป็นการสร้างความเข้าใจที่เกิดกว่าสิ่งที่ปรากฏ อันเป็นการสร้างความเข้าใจบนพื้นฐานของสิ่งที่ปรากฏในข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ เกณฑ์ที่แต่ละคนใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินย่อมแตกต่างกันไปตามประสบการณ์และค่านิยมของแต่ละบุคคล

2. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ เราจะคิดวิเคราะห์ได้ดีนั้นจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องนั้น เพราะความรู้จะช่วยในการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์แจกแจงและจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไร มีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง มีกี่หมวด

3. ความช่างสังเกต ช่างสงสัย และช่างถาม นักคิดเชิงวิเคราะห์จะต้องมีองค์ประกอบทั้งสามนี้ร่วมด้วยคือ ต้องเป็นคนที่ช่างสังเกต สามารถค้นพบความผิดปกติท่ามกลางสิ่งที่ดูอย่างผิวเผินเหมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้นต้องเป็นคนที่ช่างสงสัย เมื่อเห็นความผิดปกติแล้วไม่ละเลย แต่หยุดพิจารณาขบคิดไตร่ตรอง และต้องเป็นคนช่างถาม ชอบตั้งคำถามกับตัวเองและคนรอบ ๆ ข้างเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่การคิดต่อเกี่ยวกับเรื่องนั้นการตั้งคำถามจะนำไปสู่การสืบค้นความจริงและเกิดความชัดเจนในประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล นักคิดเชิงวิเคราะห์ จะต้องมีความสามารถในการใช้เหตุผล จำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดเป็นความจริง สิ่งใดเป็นความเท็จสิ่งใดมีองค์ประกอบในรายละเอียดเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

3. ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2553, หน้า 23-24) กล่าวว่า ลักษณะการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยลักษณะ 3 ลักษณะ คือ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งของหรือเรื่องราวต่าง ๆ

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลหรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในที่นี้หมายถึงการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล 14 ประเภท คือ ความคล้ายคลึง ความขัดแย้งหรือตรงกันข้าม การทำนาย การเป็นลำดับย่อย การเป็นสมาชิกของประเภทเดียวกัน การเป็นลำดับที่สูงกว่า การเติมให้สมบูรณ์ ส่วนย่อย ส่วนรวม ส่วนย่อย ความเท่าเทียมกัน การปฏิเสธ การใช้คำ ด้านคุณสมบัติ แบบสรุปความ

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ ส่วนสำคัญในเรื่องนั้น ๆ ว่า สัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด เช่น การให้นักเรียนค้นหาหลักการของเรื่อง การระบุจุดประสงค์ของนักเรียนของนักเรียน ประเด็นสำคัญของเรื่อง เป็นต้น

บลูม (Bloom, 1956, pp. 201-207) ได้แบ่งลักษณะของการวิเคราะห์เป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญหรือเนื้อหาข้อมูลต่าง ๆ (Analysis of element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ หรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งไหนเป็นเหตุ สิ่งไหนเป็นผล ประกอบด้วย

1.1 วิเคราะห์ชนิด เป็นการให้นักเรียนวินิจฉัยว่า สิ่งนั้น เหตุการณ์นั้น ๆ จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ข้อความนี้ เป็นข้อความชนิดใด ผักชี เป็นพืชชนิดใด

1.2 วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญสิ่งใดไม่สำคัญ เป็นการค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่าง ๆ เช่น

1.2.1 สาระสำคัญของเรื่องนี้คืออะไร

1.2.2 ควรตั้งชื่อเรื่องว่าอะไร

1.2.3 การปฏิบัติเช่นนั้น เพื่ออะไร

1.2.4 สิ่งใดสำคัญที่สุด สิ่งมีบทบาทมากที่สุดจากสถานการณ์

1.3 วิเคราะห์เลศนัย เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้นหรืออยู่เบื้องหลังจากสิ่งที่เห็น มิได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความจริงซ้อนอยู่ เช่น

1.3.1 ภาพนี้หมายถึงใคร

1.3.2 ข้อความนี้หมายถึงใครหรือสถานการณ์ใด

1.3.3 เรื่องนี้ควรยกย่องหรือตำหนิใคร

1.3.4 เรื่องนี้ให้ข้อคิดอะไร ผู้เขียนมีความเชื่ออย่างไร

2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) เป็นค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่า มีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ได้แก่

2.1 วิเคราะห์ชนิดความสัมพันธ์

2.1.1 มุ่งให้คิดว่า เป็นความสัมพันธ์แบบใด สิ่งใดสอดคล้องกันหรือไม่การสอดคล้องกัน มีสิ่งใดเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ และมีสิ่งใดไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

2.1.2 มีข้อความใด มีสิ่งไม่สมเหตุสมผล เพราะอะไร

2.1.3 คำกล่าวใดสรุปผิด การตัดสินใจกระทำอะไรไม่ถูกต้อง

2.1.4 สองสิ่งนี้เหมือนกันอย่างไร หรือแตกต่างกันอย่างไร

2.2 วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์

2.2.1 สิ่งใดเกี่ยวข้องมากที่สุด สิ่งใดเกี่ยวข้องน้อยที่สุด

2.2.2 สิ่งใดสัมพันธ์กับสถานการณ์ หรือเรื่องราวมากที่สุด

2.2.3 การเรียงลำดับ มากน้อยของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เรียงลับความรุนแรง

2.3 วิเคราะห์ขั้นตอนของความสัมพันธ์

2.3.1 เมื่อเกิดสิ่งนี้แล้ว เกิดผลลัพธ์อะไรตามมาบ้างตามลำดับ

2.3.2 การเรียงลำดับขั้นตอนเหตุการณ์ วงจรของสิ่งของต่าง ๆ สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาตามลำดับขั้นตอน

2.4 วิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ

2.4.1 การกระทำแบบนี้เพื่ออะไร

2.4.2 เมื่อทำอย่างนี้แล้วจะเกิดสัมฤทธิ์ผลอะไร

2.4.3 ทำอย่างนี้มีเป้าหมายอะไร มีจุดมุ่งหมายอะไร

2.5 วิเคราะห์สาเหตุและผล

2.5.1 สิ่งใดเป็นสาเหตุของเรื่องนี้

2.5.2 หากไม่ทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.3 หากทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.4 ข้อความใดเป็นเหตุผลแก่กัน หรือขัดแย้งกัน

2.6 วิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปมัย

2.6.1 บินเร็วเหมือนนก

2.6.2 ระบบประชาธิปไตยเหมือนการทำงานของอวัยวะในร่างกาย

3. การคิดวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principle) คือ การค้นหาโครงสร้างหรือระบบของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวและการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพนั้นได้อย่างไร โดยยึดอะไรเป็นหลักเป็นแกนกลางผลจากการวิเคราะห์จะทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ประกอบด้วย

3.1 วิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ เช่น

3.1.1 การทำวิจัยมีกระบวนการทำงานอย่างไร

3.1.2 สิ่งนี้บ่งบอกความคิดหรือเจตนาอะไร

3.1.3 คำกล่าวนี้มีลักษณะอย่างไร

3.1.4 โครงสร้างของสังคมไทยเป็นอย่างไร

3.2 วิเคราะห์หลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นคำตอบหลักได้

3.2.1 หลักการของเรื่องนี้มีว่าอะไร

3.2.2 หลักการในการสอนของครูควรเป็นอย่างไร

ลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ที่น่าจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ เช่น วิเคราะห์วัตถุ วิเคราะห์สถานการณ์ วิเคราะห์บุคคล วิเคราะห์ข้อความ วิเคราะห์ข่าว เป็นต้น

จากลักษณะของการคิดวิเคราะห์ ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ลักษณะการคิดวิเคราะห์นั้นเป็นลำดับขั้นที่สอดคล้องกันอย่างต่อเนื่อง โดยครอบคลุม 3 ลักษณะ ดังนี้ การคิดวิเคราะห์ความสำคัญหรือการหาองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งของ วัตถุหรือเรื่องราว จากนั้นเป็นการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการหาความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านั้น ซึ่งหาความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลหรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและการคิดวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถ ในการหาหลักความสัมพันธ์ ส่วนสำคัญของสิ่งเหล่านั้นว่า สัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใดหรือมีหลักใดเป็นแกนกลางที่ได้จากผลการวิเคราะห์

4. กระบวนการคิดวิเคราะห์

วนิช สุธารัตน์ (2547, หน้า 130-133) ได้กล่าวว่า กระบวนการคิดวิเคราะห์เป็นการแสดงให้เห็นจุดเริ่มต้น สิ่งที่สืบเนื่องหรือเชื่อมโยงสัมพันธ์กันในระบบการคิดและจุดสิ้นสุดของการคิด ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไปทีละขั้นดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุหรือทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหา ผู้ที่ทำการวิเคราะห์จะต้องทำความเข้าใจปัญหาอย่างกระจ่างแจ้ง ด้วยการตั้งคำถามหลาย ๆ คำถาม เพื่อให้เข้าใจปัญหาต่าง ๆ ที่กำลังเผชิญอยู่นั้นอย่างดีที่สุด ตัวอย่างคำถาม เช่น ปัญหานี้เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดของบ้านเมืองใช่หรือไม่

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในขั้นนี้ผู้ที่จะทำการคิดวิเคราะห์จะต้องรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากการสังเกต จากการอ่าน จากข้อมูลการประชุม บทความ งานวิจัย และอื่น ๆ ด้วยวิธีการหลาย ๆ วิธีจะทำให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ ชัดจน และมีความเที่ยงตรง คำถามที่จะต้องตั้งในขั้นตอนนี้ เช่น ข้อมูลนี้มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร เป็นต้น

ขั้นที่ 3 พิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล หมายถึงผู้ที่คิดวิเคราะห์พิจารณาความถูกต้องเที่ยงตรงของสิ่งที่นำมาอ้าง รวมทั้งการประเมินความเพียงพอของข้อมูลที่จะนำมาใช้และคำถามที่ควรจะนำมาใช้ในตอนนี้ เช่น ข้อมูลที่ได้มามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงไร ยังมีเรื่องอะไรอีกในส่วนนี้ที่ยังไม่รู้ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 การจัดข้อมูลเข้าเป็นระบบ เป็นขั้นที่ผู้คิดจะต้องสร้างความคิด ความคิดรวบยอดหรือหลักการขึ้นให้ได้ด้วยการเริ่มต้นจากระบุลักษณะของข้อมูล แยกแยะข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็น จัดลำดับความสำคัญของข้อมูล พิจารณาขีดจำกัดหรือขอบเขตของปัญหา รวมทั้งข้อตกลงพื้นฐานการสังเคราะห์ข้อมูลเข้าเป็นระบบและกำหนดข้อสันนิษฐานเบื้องต้น คำถามที่ควรนำมาใช้ในตอนนี้ เช่น ข้อมูลส่วนนี้เกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร เป็นต้น

ขั้นที่ 5 ตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นที่นักคิดวิเคราะห์จะต้องนำข้อมูลที่จัดระบบระเบียบแล้วมาตั้งเป็นสมมติฐานเพื่อกำหนดขอบเขต และการหาข้อสรุปของข้อคำถาม หรือปัญหาที่กำหนดไว้ ซึ่งต้องอาศัยความคิดเชื่อมโยงสัมพันธ์ในเชิงของเหตุผลอย่างถูกต้อง สมมติฐานที่ตั้งขึ้นจะต้องมีความชัดเจนและมาจากข้อมูลที่ถูกต้องปราศจากอคติหรือความลำเอียงของผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งคำถามที่ควรนำมาใช้ในตอนนี้ เช่น รายละเอียดแต่ละส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร เป็นต้น

ขั้นที่ 6 การสรุป เป็นขั้นของการลงความเห็น หรือการเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลกับผลอย่างแท้จริง ซึ่งผู้คิดวิเคราะห์จะต้องพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมตามสภาพของข้อมูลที่ปรากฏ โดยใช้เหตุผลทั้งทางตรรกศาสตร์ เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และพิจารณา ถึงความเป็นไปได้ตามสภาพที่เป็นจริงประกอบกัน คำถามที่ควรนำมาถาม เช่น ข้อสรุปนี้ทำให้เราเข้าใจอะไรได้บ้าง เป็นต้น

ขั้นที่ 7 การประเมินข้อสรุป เป็นขั้นสุดท้ายของการคิดวิเคราะห์ เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของการสรุป และพิจารณาผลสืบเนื่องที่จะเกิดขึ้นต่อไป เช่น การนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง หรือการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ๆ คำถามที่ควรนำมาถาม เช่น ส่วนไหนของข้อสรุปที่มีความสำคัญที่สุด ถ้านำเรื่องนี้ไปปฏิบัติจะมีปัญหาอะไรเกิดขึ้นบ้าง เป็นต้น

ชาติ แจ่มนุช (2545, หน้า 54-55) ได้ให้ กระบวนการคิดวิเคราะห์มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดสิ่งสำเร็จรูปสิ่งหนึ่งขึ้นมาเป็นต้นเรื่อง เช่น ดิน น้ำ โคลงกลอนบทหนึ่ง รูปภาพ กราฟ บทความ เหตุการณ์ต่าง ๆ

2. กำหนดคำถามหรือปัญหาเพื่อค้นหาความจริงหรือความสำคัญต่าง ๆ เช่น ภาพนี้หรือกราฟนี้ ต้องการสื่อหรือบอกอะไรที่สำคัญที่สุด

3. พินิจพิเคราะห์แยกแยะกระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ

4. ค้นหาความจริงหรือความสำคัญที่กำหนด

5. สรุปเป็นคำตอบหรือตอบปัญหานั้น ๆ

สุวิทย์ มูลคำ (2553, หน้า 19) เป็นการคิดวิเคราะห์โดยใช้สมองซีกซ้าย เป็นการคิดลึกคิดอย่างละเอียดจากเหตุไปสู่ผล ดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่ต้องการคิดวิเคราะห์ เป็นการกำหนดสิ่งของเรื่องราว หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อเป็นต้นเรื่องในการวิเคราะห์

2. กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์เป็นการกำหนดประเด็นที่สงสัยจากปัญหาสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ อาจเป็นคำถามหรือเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เพื่อค้นหาความจริงสาเหตุ หรือข้อความสำคัญ

3. เป็นการกำหนดข้อความสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ในการจำแนกแยกแยะสิ่งที่เหมือนหรือต่างกัน ความสัมพันธ์ของเหตุผล

4. พิจารณาแยกแยะเป็นการวิเคราะห์ กระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยใช้เทคนิค 5 W 1 H ประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไร) why (ทำไม) Who (ใคร) How (อย่างไร)

5. สรุปเป็นคำดอบ เป็นการรวบรวมประเด็นสำคัญ เพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบหรือดอบปัญหาของสิ่งของที่กำหนดให้

ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 149) กระบวนการเป็นขั้นตอนของการทำงานเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ แต่ละกระบวนการต่างก็มีขั้นตอนการดำเนินการที่จะช่วยให้กระบวนการนั้นสำเร็จ การดำเนินการตามขั้นดอนให้ได้ผลดีด้องอาศัยทักษะที่จำเป็นหลายประการ เช่น การระบุปัญหาให้ได้ถูกต้องชัดเจน มีทักษะในการสังเกต ทักษะการจำแนก ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสรุป

จากคำกล่าวข้างต้น กล่าวสรุปได้ว่า กระบวนการคิดวิเคราะห์นั้น ต้องอาศัยการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือคำตอบของปัญหาของสิ่งที่เกิดขึ้น รวมถึงการแก้ปัญหาด่าง ๆ ได้อย่างสำเร็จอีกด้วย ดังนั้นสิ่งที่สำคัญของการคิดวิเคราะห์นั้น ต้องเข้าใจในปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ สุดท้ายแล้วจะสามารถหาคำตอบหรือแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

6. การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 149-154) กล่าวว่า การวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ เป็นคำถามที่สามารถแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใด นอกจากนั้น ก็ยังมีส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญในแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวกันพันกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดยหลักการใด จะเห็นว่าสมรรถภาพด้านการคิดวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุและผลมาเกี่ยวข้องกันเสมอ การคิดวิเคราะห์จึงด้องอาศัยพฤติกรรม ด้านความจำ ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้มาประกอบการพิจารณา การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการวิเคราะห์ว่าสิ่งที่มีอยู่นั้น อะไรสำคัญ หรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล เหตุผลใดถูกต้องและเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างคำถาม เช่น ศีลห้าข้อไหนสำคัญที่สุด

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์ หรือความเกี่ยวข้องส่วนย่อยในปรากฏการณ์หรือเนื้อหานั้น เพื่อนำมาอุปมาอุปไมย หรือค้นหาว่าแต่ละเหตุการณ์นั้นมีความสำคัญอะไรที่ไปเกี่ยวพันกัน ตัวอย่างคำถาม เช่น เหตุใดแสงสว่างจึงเร็วกว่าแสง

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถที่จะจับเค้าเงื่อนของเรื่องราวนั้นว่ายึดหลักการใด มีเทคนิคหรือยึดหลักปรัชญาใด อาศัยหลักการใด เป็นสื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ตัวอย่างคำถาม เช่น รถยนต์วิ่งโดยอาศัยหลักการใด

วัตสัน และเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964, p. 11) กล่าวว่า ความวัดสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ โดยมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลในการพิจารณา ในการตัดสินใจเรื่องราวต่าง ๆ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนั้น ที่สำคัญในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ก็จะมีความเกี่ยวข้อง เป็นเหตุเป็นผลกัน จะเห็นว่า การคิดวิเคราะห์จะต้องมีการหาสาเหตุและผลมาเพื่อพิจารณาอยู่เสมอ การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์จึงมี 5 ขั้นตอน คือ

1. การระบุปัญหา จะเป็นการระบุปัญหา และทำความเข้าใจกับปัญหา พิจารณาข้อมูลหรือกำหนดปัญหา ข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือ รวมทั้งนิยามความหมายของคำและข้อความ การระบุปัญหาเป็นกระบวนการเริ่มต้นของการคิดวิเคราะห์ หรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการกระตุ้นให้บุคคลเริ่มต้นคิด เมื่อตระหนักว่า มีปัญหาหรือข้อโต้แย้ง หรือได้รับข้อมูลข่าวสารที่คลุมเครือ จะพยายามหาคำตอบที่สมเหตุสมผล เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหานั้น ปัญหาจึงเป็นสิ่งเร้าเป็นจุดเริ่มต้นของการคิดวิเคราะห์ หรือคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. การตั้งสมมติฐาน เป็นการพิจารณาแนวทาง การสรุปอ้างอิงของปัญหาข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือ โดยนำข้อมูลที่มีการจัดระบบแล้ว มาพิจารณาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ เพื่อกำหนดแนวทางการสรุปที่น่าเป็นไปได้ว่า จากข้อมูลที่ปรากฏสามารถเป็นไปในทิศทางใดบ้าง เพื่อที่จะได้พิจารณาเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุด หรือการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลในการสรุปอ้างอิงต่อไป

3. การตรวจสอบสมมติฐาน เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล ในการสรุปอ้างอิงต่อไป

4. การสรุปอ้างอิงโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ เป็นการพิจารณาเลือกแนวทางที่สมเหตุสมผลที่สุด จากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ หลังจากกำหนดแนวทางเลือกที่อาจเป็นได้ ก็จะพยายามเลือกวิธีการหรือแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุด ที่นำไปสู่การสรุปที่สมเหตุสมผล

จากการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ โดยมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผล ในการพิจารณา ในการตัดสินใจเรื่องราวต่าง ๆ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนั้น ที่สำคัญในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ก็จะมีความเกี่ยวข้อง ผู้วิจัยนำไปใช้ในการสร้าง

แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน และใช้คำถามที่นักเรียนสามารถแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใดมีส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญในแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวกันพันกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดยหลักการใด

7. เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 150) กล่าวว่า คำถามแบบวิเคราะห์เป็นคำถามที่สามารถแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ที่ประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใด นอกจากนั้นยังมองถึงว่า ส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญนั้นแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวข้องกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดยหลักการใด จะเห็นได้ว่าสมรรถภาพด้านวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุและผลมาเกี่ยวข้องกันอยู่เสมอ และพยายามมองให้ลึกลงไปถึงแก่นแท้ของเนื้อเรื่องและเหตุการณ์นั้น ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 21-40) การทดสอบด้วยข้อสอบเป็นวิธีการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งข้อสอบหรือเครื่องมือ การประเมินผลมีรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเติมคำ แบบเขียนตอบ และแบบผสมผสาน

ข้อสอบเขียนตอบแบบบรรยาย เป็นการเขียนในลักษณะความเรียงซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถและความคิดระดับสูง โดยการกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนของข้อสอบแบบเขียนตอบทุกข้อควรมีแนวการตอบ เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดเกณฑ์การประเมินหรือให้คะแนนความรู้ความสามารถ โดยอาจกำหนดสัดส่วนหรือความสำคัญเป็นตอน ๆ เพื่อความสะดวกในการตรวจ ตัวอย่างลักษณะข้อสอบแบบเขียนตอบ

0. ถ้าประชากรที่อาศัยอยู่ในละแวกชุมชนแออัดแห่งหนึ่ง เทน้ำมันเหลือใช้จากการทำอาหารในครัวเรือนลงในท่อน้ำทิ้ง ซึ่งไหลสู่แหล่งน้ำหลังบ้านเป็นระยะเวลานาน ๆ จะเกิดผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมอย่างไร เพราะเหตุใด

ผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

.....

.....

ผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม

.....

.....

จากตัวอย่างข้อสอบข้างต้น มีการกำหนดเกณฑ์การให้การประเมินและแบบบันทึกผลการประเมินเกณฑ์การให้คะแนนอาจกำหนดในลักษณะมาตราประมาณค่า 4 ระดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนในการตอบ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
- อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และสิ่งแวดล้อมได้บางส่วนเท่านั้นและไม่สามารถบอกเหตุผล	ต้องปรับปรุง 1
- อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถบอกเหตุผล	พอใช้ 2
- อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง สามารถบอกเหตุผลได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	ดี 3
- อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง สามารถบอกเหตุผลได้ถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์	ดีมาก 4

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น อาจกล่าวได้ว่าข้อสอบเป็นวิธีการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งลักษณะของข้อสอบแบบเขียนตอบจะทำให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดระดับสูง ที่ทำให้เห็นสมรรถภาพด้านวิเคราะห์ด้วยวิธีการของเหตุผล โดยเกณฑ์การให้คะแนนเป็นเครื่องมือที่ช่วยประเมินความรู้ความสามารถของผู้เรียนได้ซึ่งแสดงด้วยระดับ/ กลุ่มในมาตราวัดอย่างชัดเจน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยนำเสนอ และสรุปหลักการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการศึกษา เพื่อการวิจัย ไว้ดังนี้

การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาอย่างรอบคอบสมเหตุสมผลเกี่ยวกับการจำแนก แยกแยะ องค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เพื่อค้นหาความหมายของสิ่งนั้น เป็นการคิดโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อการตัดสินใจ หรือสรุปอย่างสมเหตุสมผล ที่ครอบคลุม ความสามารถของนักเรียน 3 ด้าน

1. ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาหรือจำแนกแจกแจงองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งของหรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่ามีสาเหตุอะไร สาระสำคัญอะไร มีปัจจัยอะไรบ้าง มีเหตุผลอย่างไรได้ชัดเจน

2. ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาความเกี่ยวข้องของส่วนสำคัญต่าง ๆ ของเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น จะส่งผลกระทบอย่างไร

3. ด้านการวิเคราะห์หลักการ หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้นว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด

แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน เป็นแบบเขียนตอบ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการ

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยปรับปรุงให้สอดคล้องกับแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับคุณภาพ	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ดีมาก	3	ตอบคำถามได้ถูกต้อง สามารถบอกเหตุผลได้ถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์
ดี	2	ตอบคำถามได้ถูกต้อง สามารถบอกเหตุผลได้ถูกต้องเป็นบางส่วน
พอใช้	1	ตอบคำถามได้บางส่วนเท่านั้นและไม่สามารถบอกเหตุผล
ปรับปรุง	0	ตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ฟรีดเดอร์ นาชเมียส์ และลินน์ (Friedler, Nachmias, & Linn, 1990, pp. 173) อธิบายถึงการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อบ่งชี้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐานออกแบบการทดลอง สังเกต รวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อทำนายเมื่อพบสถานการณ์อื่นต่อไป

อารยา (Araya, 2008, p. 7) อธิบายถึงการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานสนับสนุน ว่าทำไมต้องตอบอย่างนั้น และอธิบายว่า ทักษะการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning skills) เป็นทักษะที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใด ๆ ขึ้นอยู่กับการตั้งสมมติฐาน รูปแบบการคิด ความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ของปัจจัยเชิงสหสัมพันธ์และสามารถตรวจสอบถึงผลที่เกิดขึ้นจริง

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542, หน้า 71) ได้อธิบายเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลองมาโดยตลอด การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้ข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ระบุเหตุผลนั้น บนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. ประเภทของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ลอว์สัน และแอนตัน (Lawson & Anton, 1995, pp. 60-61) ได้แบ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็น 3 แบบ คือ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (Empirical-inductive) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบกึ่งสมมติฐานนิรนัย (Transitional) และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย (Hypothetical-deductive)

ในการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนนั้น ลอว์สัน และแอนตัน (Lawson & Anton, 1995, pp. 436-445) ได้เสนอความสามารถในการวัดได้จากการให้เหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. การให้เหตุผลในเชิงอนุรักษ์ เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการรับรู้หรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติการคงตัวของวัตถุหรือสสาร ปริมาณหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารที่คงที่ แม้ว่าวัตถุหรือสสารมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารนั้น

2. การให้เหตุผลในเชิงสัดส่วน เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณาและตีความหมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง ๆ โดยแสดงในรูปของตัวแปรที่สังเกตได้ หรือตัวแปรเชิงทฤษฎี

3. การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้พิจารณาโอกาสที่เป็นไปได้ของการเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ

4. การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดในการทดสอบสมมติฐาน และออกแบบการทดสอบเพื่อวางแผนควบคุมตัวแปรตัวอื่นทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ยกเว้นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่ต้องการศึกษา

5. การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ เพื่อพิจารณาอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขเชิงทฤษฎี

6. การให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์ เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในเหตุการณ์ที่กำลังศึกษา

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542, หน้า 71-76) ได้อธิบายไว้ว่า การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อาจได้เป็น 3 แบบ ตามลักษณะของความรู้ที่ปรากฏและลักษณะของความรู้ใหม่ที่มนุษย์ต้องการศึกษา ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไป สู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง หรือความรู้เฉพาะหน่วย โดยใช้หลักการทางตรรกะ นั่นก็คือ การใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ อธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วยคำอธิบาย หรือข้อสรุปที่ได้รับคือความรู้ใหม่

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงหาข้อสรุป ที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นคือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วย เพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่กลับกันกับการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย ((Inductive-deductive reasoning) หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นกระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุป ที่เริ่มจากการสังเกตแล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นคือ การคิดหรือให้เหตุผลเชิงอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูล เพิ่มเติมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ นั่นก็คือ ถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไป ไปสู่เรื่องเฉพาะ ตัวสมมติฐานคือหลักการทั่วไปที่จะต้องทดสอบว่าจริงหรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อทดสอบสมมติฐานคือ ข้อสรุปเฉพาะหน่วย นั่นก็คือการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

การศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ. 2554 (Trends in International Mathematics and Science Study 2011; TIMSS 2011) ซึ่งเป็นโครงการที่สมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินสัมฤทธิผลทางการศึกษา (International Association

for the Evaluation of Educational Achievement: IEA) ร่วมกับประเทศสมาชิกได้ทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สำหรับโครงการ TIMSS 2011 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีขอบเขตในการประเมิน ประกอบด้วย ด้านเนื้อหา (Content domain) และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ (Cognitive domain) ได้กล่าวถึง ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ความรู้ (Knowing) การประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) และการใช้เหตุผล (Reasoning) โดยกล่าวถึงนิยามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผลไว้ 8 ลักษณะ ดังนี้

1. วิเคราะห์/ แก้ปัญหา (Analyze/ Solve problems) หมายถึง การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง แนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา พัฒนาและอธิบายแนวทางการแก้ปัญหา

2. สังเคราะห์ (Integrate/ Synthesize) หมายถึง การหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระแตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ที่เหมือนหรือแตกต่างกัน บูรณาการแนวคิดหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3. ตั้งสมมติฐาน/ การทำนายผล (Hypothesize/ Predict) หมายถึง การเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลจากประสบการณ์หรือจากการสังเกตเพื่อสร้างคำถามที่สามารถค้นหาคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้ความรู้จากการสังเกตและ/ หรือจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในแนวคิด ทำนายเกี่ยวกับผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางชีวภาพหรือทางกายภาพ โดยอาศัยประจักษ์พยานและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

4. การออกแบบ (Design) หมายถึง การออกแบบหรือวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือตรวจสอบสมมติฐาน อธิบายลักษณะของการสำรวจตรวจสอบที่ดีซึ่งรวมทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตัดสินใจเกี่ยวกับการวัดหรือวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ

5. สรุป (Draw conclusions) หมายถึง การตรวจหา/ สืบหารูปแบบของข้อมูล อธิบายหรือสรุป และทำนายแนวโน้มของข้อมูลหรือข้อสนเทศที่กำหนดให้ ใช้หลักฐานและ/ หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการลงข้อสรุป ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น

6. สร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalize) หมายถึง การสร้างข้อสรุปที่ได้จากการทดลองในสภาวะหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ แล้วประยุกต์ใช้ข้อสรุปนั้นกับสถานการณ์ใหม่ ซึ่งมีการกำหนดรูปแบบทั่วไปเพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางกายภาพ

7. ประเมิน (Evaluate) หมายถึง การประเมินข้อได้เปรียบ/ ข้อเสียเปรียบเพื่อใช้ในการตัดสินใจทางเลือกอื่น ๆ ถึงวิธีการปฏิบัติ วัสดุ และแหล่งที่มา พิจารณาปัจจัยทางวิทยาศาสตร์และปัจจัยทางสังคมเพื่อประเมินผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อระบบทางชีวภาพและกายภาพ ประเมินความเป็นไปได้อื่น ๆ เกี่ยวกับการอธิบายและวิธีการแก้ปัญหา ประเมินผลข้อมูล ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบโดยอาศัยข้อมูลที่เพียงพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

8. ตรวจสอบ (Justify) หมายถึง การใช้ประจักษ์พยานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคำอธิบายและวิธีการแก้ปัญหา ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบในการแก้ปัญหา ข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

อุษณีย์ อนุรุทธ์วงศ์ (2555, หน้า 125) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลไว้ว่า การให้เหตุผลเป็นการพัฒนาขั้นตอนขั้นสุดท้ายใน 7 ขั้นตอนของความคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ที่แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

การนิรนัย (Deduction) คือ วิธีการให้เหตุผลซึ่งเริ่มต้นด้วยเหตุใหญ่และติดตามด้วยเหตุย่อย เมื่อพิจารณาดูความสัมพันธ์ของเหตุใหญ่และเหตุย่อย ก็จะมีผลบังคับให้เกิดผลสรุป

การอุปนัย (Induction) เป็นกระบวนการของเหตุและผล ซึ่งส่วนที่เป็นเหตุประกอบด้วยเหตุหลาย ๆ อันซึ่งเป็นอิสระจากกัน มีน้ำหนักและความสำคัญเท่า ๆ กัน เหตุทั้งหลายที่มีอยู่ไม่มีเหตุใดแสดงตนเป็นเหตุใหญ่ ในที่สุดเหตุเหล่านั้นก็รวมตัวกันเอง เป็นผลสรุปหลักของเหตุย่อย ๆ เหล่านั้น โดยการให้เหตุผล (Reasoning) มี 2 ลักษณะ คือ เหตุผลที่ตรงประเด็น/ เกี่ยวข้อง และเหตุผลที่ไม่ตรงประเด็น/ ไม่เกี่ยวข้อง

อาจกล่าวสรุปได้ว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย การให้เหตุผลเชิงอุปนัย-นิรนัย ซึ่งเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่เริ่มต้นจากการกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ทำการทดลอง จากนั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องในการตอบปัญหาที่ตั้งไว้

3. เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ลอว์สัน และแอนตัน (Lawson & Anton, 1995, p. 445) ได้สร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งข้อสอบเป็นแบบให้ตอบคำถาม พร้อมบอกเหตุผลของคำตอบนั้น มีจำนวน 12 ข้อ โดยครอบคลุมความสามารถในการวัดได้จากการให้เหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การให้เหตุผลในเชิงอนุรักษ์ การให้เหตุผลในเชิงสัดส่วน การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ การให้เหตุผล

ในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม และการให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 2 ระดับ ดังนี้

นักเรียนตอบให้ถูกทั้งคำตอบและเหตุผลจึงจะได้ 1 คะแนน

นักเรียนตอบผิดอย่างใดอย่างหนึ่งจะได้ 0 คะแนน

เกณฑ์ในการวัดความมีเหตุผล ดังนี้

คะแนนรวม 0-4 หมายถึง สามารถคิดได้จากการสังเกต

คะแนนรวม 5-8 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง สามารถเปลี่ยนแปลงได้

คะแนนรวม 9-12 หมายถึง สามารถคิดวิเคราะห์ในเชิงสมมติฐานได้

กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า 123) ได้เสนอตาราง เกณฑ์การให้คะแนนการทำข้อสอบแบบอัตนัย ทักษะ/ กระบวนการ การให้เหตุผล ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนการทำข้อสอบอัตนัย ทักษะ/ กระบวนการ การให้เหตุผล

คะแนน/ ความหมาย	**ความสามารถในการให้เหตุผลที่ปรากฏให้เห็น**
4: ดีมาก	- มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
3: ดี	- มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
2: พอใช้	- เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ
1: ควรแก้ไข	- มีการพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
0: ต้องปรับปรุง	- ไม่มีแนวคิดประกอบการตัดสินใจ

อุษณีย์ อนุรุทธ์วงศ์ (2555, หน้า 125) ได้กล่างถึงการประเมินการให้เหตุผล ซึ่งเป็นขั้นตอนของความคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. การประเมินโต้แย้ง หมายถึง การตัดสินความถูกต้องของการอ้างเหตุผล ซึ่งเป็นเหตุผลที่สำคัญหรือเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ เหตุการณ์ เรื่องราว ที่กำหนดให้โดยพิจารณาว่าข้อโต้แย้งนั้นเป็น ข้อโต้แย้งที่หนักแน่น ชัดเจน มีความสำคัญและสัมพันธ์กับสถานการณ์ เหตุการณ์ เรื่องราว หรือเป็นข้อโต้แย้งที่ไม่ชัดเจน ไม่หนักแน่น ไม่มีความสำคัญ หรือสัมพันธ์กับสถานการณ์ เหตุการณ์ เรื่องราว

2. การประเมินความเพียงพอของข้อมูล หมายถึง การพิจารณาและระบุหรือบอกได้ว่าข้อมูลต่าง ๆ ที่มีเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการดอบปัญหา สรุปผล หรือช่วยในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

3. การประเมินความถูกต้องของข้อมูล หมายถึง การพิจารณาและระบุหรือบอกได้ว่าข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่มีความถูกต้อง โดยพิจารณาจากเอกสาร หลักฐานต่าง ๆ ที่มาจากหลายแหล่งประกอบกัน

4. การประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล หมายถึง การพิจารณาและระบุหรือบอกได้ว่าแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่กำหนด สามารถให้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการตอบปัญหาหรือช่วย ในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งการระบุแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้สอดคล้องกับเหตุการณ์สถานการณ์ที่กำหนด

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น อาจกล่าวได้ว่าเกณฑ์การให้คะแนนเป็นเครื่องมือในการช่วยประเมินความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสื่อความหมายให้ผู้รับรู้ได้เข้าใจตรงกัน ซึ่งผู้วิจัยนำแนวทางนี้มาปรับปรุงกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงพฤติกรรมการใช้เหตุผล ที่ครอบคลุมการให้เหตุผล 2 แบบ คือ

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย หมายถึง กระบวนการคิดที่เชื่อมโยงความรู้ทั่วไปที่ได้จากข้อมูล การสังเกต หรือประสบการณ์ โดยใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎ เพื่ออธิบายและลงข้อสรุปของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย หมายถึง กระบวนการคิดที่เชื่อมโยงหาข้อสรุป ที่อ้างอิงจากเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง เพื่อให้ได้หลักการทั่วไป

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยปรับปรุงให้สอดคล้องกับแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ระดับคุณภาพ	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ดีมาก	3	ตอบคำถามได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ และแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ
ดี	2	ตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง และแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ
พอใช้	1	ตอบคำถามถูกต้องบางส่วน แต่ไม่แสดงเหตุผลประกอบคำดอบ
ปรับปรุง	0	ตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

ศิริลักษณ์ วิทยา (2555, หน้า 102-111) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการเรียนด้วยชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุภัทราภรณ์ เบ็ญจวรรณ์ (2554, หน้า 108-112) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปา และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ยุพาพร เลาสัตย์ (2553, หน้า 106) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีต่อมโนทัศน์ เรื่องพืช ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องพืชที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 82.90/ 82 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยพัฒนามโนทัศน์เรื่องพืชของนักเรียน โดยมีจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้องและถูกต้องบางส่วนเพิ่มมากขึ้น และนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ไม่ถูกต้องมีจำนวนลดลง

เกสสุดา แพรวกลาง (2554, หน้า 94) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับการสอนแบบเทคนิค 4 MAT ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รัชชานนท์ เทพอาจ (2552, หน้า 105) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมกิจกรรมพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555, หน้า 101) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิดเรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัย พบว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน หลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จันทร์พร พรหมมาศ (2541) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยทำการศึกษาผลของมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกชั้นของระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

งานวิจัยต่างประเทศ

ซาฮิน (Sahin, 2010, pp. 266-275) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องปรัชญาความเชื่อเกี่ยวกับฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ และแนวคิดทางกลศาสตร์ของนิวตัน สำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัย มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับฟิสิกส์ และความเข้าใจแนวคิดทางกลศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานไม่มีผลมีต่อความเชื่อเกี่ยวฟิสิกส์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม และพบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความเชื่อและความเข้าใจแนวคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 โดยนักเรียนที่มีความเชื่อเหมือนผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ต้นภาคการศึกษาจะมีความเข้าใจในตอนท้ายภาคเรียนการศึกษาสูงขึ้น

อับราฮัม วิลเลียมสัน และเวสท์บรู๊ค (Abraham, Williamson & Weatbrook, 1994, pp. 149-154) ได้ศึกษาความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนเกรด 9 ที่มีอายุต่างกันเกี่ยวกับมโนทัศน์เคมี 5 โดยใช้แบบทดสอบอัดนัย ผลการวิจัย พบว่า โดยรวมนักเรียนทุกเกรดมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 1 มีความเข้าใจเพียงบางส่วน จำนวนร้อยละ 10.7 มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีความเข้าใจผิดพลาดอยู่ด้วยจำนวนร้อยละ 35.7 มีความเข้าใจผิดพลาด จำนวนร้อยละ 45.7 และไม่เข้าใจจำนวนร้อยละ 7

บาสมาเจียน (Bassmajian, 1978, p. 210-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับวุฒิภาวะตามทฤษฎีของเพียเจต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรัฐแคลิฟอร์เนียกับความสามารถในการเรียนรู้วิชาชีววิทยา และพัฒนาการคิดแบบวิเคราะห์วิจารณ์กับกลุ่มนักศึกษา 83 คน ที่เรียน

วิชา Biology 1 โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ของเบอร์นี่ (Berne) พบว่า นักศึกษาระดับที่คิดด้วยนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์วิชาชีววิทยาสูงกว่าพวกที่ยังไม่ถึงระดับการคิดนามธรรม

เรย์ และชาร์ล (Ray & Charles, 1979, pp. 3220-A) ได้เปรียบเทียบอิทธิผลของการใช้คำถามต่ำและคำถามระดับสูง ในการสอนวิชาเคมีที่มีต่อเหตุผลเชิงนามธรรม และการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 54 คน โดยจัดสภาพแวดล้อมให้เหมือนกันหมด กลุ่มที่ 1 สอนด้วยคำถามระดับสูง (คำถามขั้นความเข้าใจ ขั้นการนำไปใช้ ขั้นการวิเคราะห์ และขั้นการประเมินค่า) อีกกลุ่มหนึ่งสอนด้วยคำถามระดับต่ำ ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มที่ถามด้วยคำถามระดับสูง สามารถทำคะแนนจากแบบทดสอบในเรื่องของความมีเหตุผลเชิงนามธรรมและการคิดอย่างมีเหตุผลได้มากกว่าอีกกลุ่ม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น สามารถใช้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยจัดสถานการณ์หรือกิจกรรมที่หลากหลายด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และการสร้างแบบทดสอบ การประเมินผล เกณฑ์การให้คะแนน สำหรับการวัดมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน มีจำนวน 7 ห้องเรียน จำนวนรวม 280 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มมาจำนวน 1 ห้องเรียนจากห้องเรียนทั้งหมดได้กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 38 คน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 248-249) ซึ่งมีแบบแผนการทดลองดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design

สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

T_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

T_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก
2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
4. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนระยองวิทยาคม โดยกำหนด

เนื้อหาในสาระที่ 3 เรื่อง พันธะไอออนิก ซึ่งได้เนื้อหา 6 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระที่ 3 เรื่อง พันธะไอออนิก

ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
1. สืบค้นข้อมูลอธิบาย เกี่ยวกับกฎออกเตต การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้ 2. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - การเกิดพันธะไอออนิก - โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก - การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	1. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกได้ 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้ 3.เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	4	25
3. สืบค้นข้อมูลอภิปรายและอธิบาย เกี่ยวกับพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 - พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก	4. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดสารประกอบไอออนิกได้ 5. เขียนแผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เกิดขึ้นได้	4	25

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
4. ทดลอง อภิปรายและ อธิบาย เกี่ยวกับการ ละลายของ สารประกอบ ไอออนิกในน้ำ ได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 - สมบัติของ สารประกอบ ไอออนิก	6. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติ บางประการของ สารประกอบไอออนิกได้ 7. ทำการทดลองและ อธิบายเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ของสารประกอบ ไอออนิกเมื่อละลายน้ำได้	4	25
5. ทดลอง อภิปรายและ เขียนสมการ ไอออนิกและ สมการ ไอออนิกสุทธิ ของปฏิกิริยา ของ สารประกอบ ไอออนิกได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 - ปฏิกิริยาของ สารประกอบไอออนิก	8. ทำการทดลองและ อธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยา ของสารประกอบ ไอออนิกได้ 9. เขียนสมการไอออนิก และสมการไอออนิก สุทธิแสดงปฏิกิริยาที่ เกิดขึ้นได้	4	25

1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 4 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.3.1 สาระสำคัญ

1.3.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.3.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1.3.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1.3.4.1 ขั้นกำหนดปัญหา

1.3.4.2 ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา

1.3.4.3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1.3.4.4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้

1.3.4.5 ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ

1.3.4.6 ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน

1.3.5 สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

1.3.6 การวัดและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (*IOC*) องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น ซึ่งพบว่า มีค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 3.60-4.60 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 แสดงว่าทุกองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากและมากที่สุด

การประเมินความสอดคล้อง (*IOC*) โดยการนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน นำมาแปลงเป็นคะแนนได้ดังนี้

สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น 1

ไม่แน่ใจ กำหนดคะแนนเป็น 0

ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1

จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตร เพื่อหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency) ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าใช้ได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) แต่หากมีค่าต่ำกว่า ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพต่อไป ซึ่งพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น มีดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) เท่ากับ 0.60-1.00 แสดงว่าทุกองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ต่อไป

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดมโนทัศน์

2.2 ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือ

และคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความคิดพื้นฐานและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก

2.3 วิเคราะห์และกำหนดมโนทัศน์ เรื่อง พันธะไอออนิก ในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ/ข้อ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - การเกิดพันธะไอออนิก - โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก - การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	1. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้ 3. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	- อะตอมของธาตุเมื่อรับหรือให้อิเล็กตรอนจะเกิดเป็นไอออนบวกและลบ ตามลำดับ - ไอออนบวกและไอออนลบยึดเหนี่ยวกับด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดเรียกว่าพันธะไอออนิกเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก - สารประกอบไอออนิกจัดเรียงตัวเป็นโครงผลึกที่มีรูปร่างแน่นอนประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่กับไอออนลบต่อเนื่องสลับกันไปทั้งสามมิติ โครงสร้างผลึกจะขึ้นกับสัดส่วนของจำนวนประจุและขนาดของไอออน - สูตรสารประกอบไอออนิกแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนบวกและไอออนลบที่ทำให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์	35	5

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ/ข้อ
		- การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ให้เรียกไอออนบวกและตามด้วยไอออนลบ		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 - พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก	4. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดสารประกอบไอออนิกได้ 5. เขียนแผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เกิดขึ้นได้	การเกิดสารประกอบไอออนิกมีสมมติฐานว่าเกิดขึ้นหลายขั้นตอน แต่ละขั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ซึ่งอาจเป็นการคายพลังงานหรือดูดพลังงาน	25	4
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 - สมบัติของสารประกอบไอออนิก	6. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิกได้ 7. ทำการทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง	- สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีสถานะเป็นของแข็ง เปราะและแตกง่าย มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่ละลายในน้ำ บางชนิดละลายได้น้อยหรือไม่ละลาย - เมื่อสารประกอบไอออนิกละลายในน้ำจะมีการสลายพันธะระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบและเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนกับโมเลกุลของน้ำ	20	3

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ/ข้อ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 -ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	8. ทำการทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้ 9. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้	เมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิกบางคู่ ไอออนอิสระจะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกชนิดอื่น	20	3
		รวม	100	15

2.4 สร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน โดยคำถามในส่วนที่ 1 จะเกี่ยวกับมโนทัศน์ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก และส่วนที่ 2 การบอกเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้น เช่น

0. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

ก. เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

ข. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง

ค. เป็นของแข็งที่นำไฟฟ้าได้

ง. บางชนิดละลายน้ำได้

เพราะเหตุใด.....

.....

.....

2.5 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีการจัดลำดับการวัดมโนทัศน์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นแนวทางในการวิเคราะห์มโนทัศน์และให้คะแนน โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

2.5.1 มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2.5.2 มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ให้ 2 คะแนน

2.5.3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

2.5.4 ความเข้าใจผิด หมายถึงคำตอบถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2.6 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.7 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบด้านเนื้อหา ตรวจสอบในประเด็นต่อไปนี้ คือ การสื่อความหมายของข้อคำถาม ความเหมาะสมของข้อคำถามในการวินิจฉัยมโนทัศน์ โดยประเมินดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง ซึ่งพบว่า แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.60-1.00 แสดงว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียน เรื่อง พันธะไอออนิกมาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแล้วนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

2.10 นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มาตรวจสอบให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตร P_E ของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1992 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-200) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ที่ถือว่าจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209-211) ซึ่งพบว่า แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.21-0.55 ซึ่งเป็นความยากง่ายตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.45 แสดงถึงคุณภาพของข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้

2.11 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยที่ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209) ซึ่งพบว่า แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.88 แสดงว่าแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีความเชื่อมั่นที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้ และการหาคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (ρ_{xy}) ของคะแนนที่ผู้ตรวจแต่ละคนให้คะแนน โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson's product-moment correlation coefficient) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.993 แสดงถึงค่าสหสัมพันธ์ทางบวกค่อนข้างสูงกล่าวคือ ผู้ตรวจแต่ละคนให้คะแนนมีความสอดคล้องกัน

2.12 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก จำนวน 15 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

3. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และการวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.2 ศึกษาเทคนิคในการสร้างข้อสอบจากหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบหนังสือการวัดผลและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 9 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับ

ในชีวิตประจำวัน ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการ โดยสร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 วิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์	จำนวนข้อสอบ/ ข้อ
1. ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ	3
2. ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	3
3. ด้านการวิเคราะห์หลักการ	3
รวม	9

3.4 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์และการวัดผล เพื่อตรวจสอบลักษณะในเรื่อง สถานการณ์ การใช้คำถามภาษาที่ใช้ เนื้อหา เพื่อประเมินดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*)

3.6 พิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง ซึ่งพบว่าแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบตรงกับลักษณะในเรื่อง สถานการณ์ การใช้คำถามภาษาที่ใช้ เนื้อหาที่ต้องการวัด

3.7 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแล้วนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

3.8 นำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตร P_E ของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1992 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-200) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปที่ถือว่าจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209-211) พบว่า

แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.34-0.63 ซึ่งเป็นความยากง่ายตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.43 แสดงถึงคุณภาพของข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้

3.9 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วนำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับโดยการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยที่ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209) ซึ่งพบว่า แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.80 แสดงว่าแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมั่นที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้ และการหาคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (ρ_{xy}) ของคะแนนที่ผู้ตรวจแต่ละคนให้คะแนน โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson's product-moment correlation coefficient) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.992 แสดงถึงค่าสหสัมพันธ์ทางบวกค่อนข้างสูง กล่าวคือ ผู้ตรวจแต่ละคนให้คะแนนมีความสอดคล้องกัน

3.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

4. แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาความหมาย และแนวคิดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

4.2 ศึกษาหลักการและลักษณะของแบบทดสอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาผู้วิจัยกำหนดกรอบเนื้อหาของแบบทดสอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผล 2 แบบ ได้แก่ การให้เหตุผลแบบนิรนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัย

4.3 สร้างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบเขียนตอบมีจำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวันซึ่งประกอบด้วยการให้เหตุผล 2 แบบ ได้แก่ การให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยสร้างตารางวิเคราะห์จำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 วิเคราะห์เนื้อหาตามกรอบที่กำหนดของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ/ ข้อ
1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย	3
2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย	3
รวม	6

4.4 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะเพื่อไปปรับปรุงแก้ไข

4.5 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์และการวัดผล เพื่อตรวจสอบลักษณะในเรื่อง สถานการณ์ การใช้คำถามภาษาที่ใช้ เนื้อหา เพื่อประเมินดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*)

4.6 พิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง ซึ่งพบแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบตรงกับลักษณะในเรื่อง สถานการณ์ การใช้คำถามภาษาที่ใช้ เนื้อหาที่ต้องการวัด

4.7 นำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแล้วนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

4.8 นำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตร P_E ของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1992 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-200) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปที่ถือว่าจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209-211) ซึ่งพบว่าแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.22-0.54 ซึ่งเป็นความยากง่ายตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.35 แสดงถึงคุณภาพของข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้

4.9 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วนำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ

โดยการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยที่ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209) ซึ่งพบว่า แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.72 แสดงว่าแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมั่นที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้ และการหาคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (ρ_{xy}) ของคะแนนที่ผู้ตรวจแต่ละคนให้คะแนน โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson's product-moment correlation coefficient) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.975 แสดงถึงค่าสหสัมพันธ์ทางบวกค่อนข้างสูง กล่าวคือ ผู้ตรวจแต่ละคนให้คะแนนมีความสอดคล้องกัน

4.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

3. ดำเนินสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ใช้เวลาสอน 16 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ฉบับเดียวกันที่ทดสอบก่อนเรียน

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบวัดมโนทัศน์ ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบ *t-test* แบบ Dependent sample (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้การทดสอบ *t-test* แบบ One sample (ทดสอบสมมติฐานข้อ 2)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบวัดคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบ *t-test* แบบ Dependent sample (ทดสอบสมมติฐานข้อ 3)

4. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้การทดสอบ *t-test* แบบ Dependent sample (ทดสอบสมมติฐานข้อ 4)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{X}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307) คือ

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละค้านยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (*IOC*)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร P_E ของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1992 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-200) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

2.2.1 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความยากง่าย

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbach) (สมโภช อเนกสุข, 2553, หน้า 108)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อ

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

2.4 หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (ρ_{xy}) ของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson's product-moment correlation coefficient) (สมชาย วรกิจเกษมสกุล, 2553, หน้า 275)

$$\rho_{xy} = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2]\,[N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ ρ_{xy} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนในครั้งที่ 1

$\sum Y$ แทน ผลรวมของคะแนนในครั้งที่ 2

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนในครั้งที่ 1 แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมของคะแนนในครั้งที่ 2 แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณของคะแนนในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

N แทน จำนวนผู้ให้ข้อมูล

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติ *t-test* แบบ Dependent sample เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (สมโภช อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.2 ใช้สูตร *t-test* แบบ One sample เพื่อทดสอบสมมติฐานการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ที่กำหนดว่าสูงกว่าเกณฑ์หรือไม่ (สมโภช อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad \text{และ} \quad df = n\text{-}1$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร

S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก มีการนำเสนอผลการวิจัยดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n แทน จำนวนคนในกลุ่มทดลอง

$\overline{X}$ แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย

SD แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t แทน ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t

p แทน ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน

* แทน นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน

2. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75

3. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน

4. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน ได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	38	5.18	3.486			
				37	12.433*	.000
หลังเรียน	38	15.87	5.757			

* $p < .05$

จากตารางที่ 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75 ได้ผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75 (33.75 คะแนนจากคะแนนเต็ม 45 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	*n*	เกณฑ์	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	38	33.75	15.87	5.76	37	-19.15*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานในวิชาเคมีพื้นฐานต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75 ($\bar{X}$ = 15.87, *SD* = 5.57) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน (คะแนนเต็ม 27 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	38	9.87	2.02			
				37	13.37*	.000
หลังเรียน	38	14.47	2.48			

* $p < .05$

จากตารางที่ 15 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน มีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน ได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน (คะแนนเต็ม 18 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	38	4.74	1.61			
				37	15.88*	.000
หลังเรียน	38	6.37	1.97			

* $p < .05$

จากตารางที่ 16 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน มีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม 1 ห้องเรียน จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก จำนวน 4 แผน มีค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 3.60-4.60 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 ดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) เท่ากับ 0.60-1.00 แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ในวิชาเคมีพื้นฐานและส่วนที่ 2 การบอกเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้น จำนวน 15 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.89 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.21-0.55 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.45 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.88 แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบจำนวน 9 ข้อ มีดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.34-0.63 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.43 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.80 และแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นเขียนตอบ จำนวน 6 ข้อ มีดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.22-0.54 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.35 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.72 แผนการทดลองที่ใช้คือแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One group pretest-posttest design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนวัดมโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตร *t-test* แบบ Dependent sample และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้สูตร *t-test* แบบ One sample

สรุปผลการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ($\bar{X}$ = 15.87, SD = 5.57)

3. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน สรุปผลการวิจัยและมีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนใฝ่หาความรู้ ได้เผชิญกับงานหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาด้วยตนเอง และหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตัวผู้เรียนเอง จากการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและมีความคงทนในการเรียนรู้มากขึ้น ได้ฝึกทักษะ กระบวนการคิดแก้ปัญหา มีการตัดสินใจที่ดี การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา รวมไปถึงยังสามารถเรียนรู้การทำงานร่วมกันภายในกลุ่มผู้เรียนด้วยกัน โดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก หรือผู้ให้ข้อเสนอแนะเท่านั้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่นักเรียนได้ใช้ในกระบวนการทำความเข้าใจและการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 6 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ โดยร่วมกันตั้งคำถามในสิ่งที่ต้องการรู้ ระดมสมองหาแนวทางค้นหาคำตอบ ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนแบ่งงานและหน้าที่ กำหนดเป้าหมายของงาน และทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันภายในกลุ่ม ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปผลงานของกลุ่มตนเอง

และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสม หรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ และขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย จากขั้นตอนที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่านักเรียนจะมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด วางแผน ลงมือแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาพร้อม ๆ กับสร้างองค์ความรู้ และประเมินค่าองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นนั้นด้วยตนเอง จนประจักษ์ชัดกับตนเองว่ามโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่องนั้นคืออะไร ตัวอย่างเช่น การยกตัวอย่างสารประกอบในชีวิตประจำวันโดยให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาว่าสารประกอบเหล่านั้นรวมตัวกัน เกิดขึ้นเป็นโครงสร้าง และมีหลักในการเรียกชื่อของสารประกอบอย่างไร ซึ่งนักเรียนได้ร่วมกันวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาและหาคำตอบ โดยการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นนักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้ค้นคว้าและประเมินค่าของคำตอบ จากการหาคำตอบของปัญหานั้น ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการแก้ปัญหา ยังส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างแท้จริง และนำความรู้ไปใช้เชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้อย่างต่อเนื่องอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่วัลลี สัตยาศัย (2547, หน้า 30-32) ได้กล่าวว่า การให้ปัญหา ตั้งแต่ต้นเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้ และถ้านักเรียนแก้ปัญหาได้ก็จะมีส่วนทำให้นักเรียนจำเนื้อหาความรู้นั้นได้ง่ายและนานขึ้น เพราะได้มีประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาและสอดคล้องกับงานวิจัยของเกศสุดา แพรวกลาง (2554) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากเหตุผลดังกล่าวสนับสนุนว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 75) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 เนื่องจากการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ใช้ปัญหาเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ ดังนั้นลักษณะและการสร้างปัญหาในการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยปัญหาต้องมีความซับซ้อนและมีความยุ่งยากในการแก้ปัญหา และต้องเป็นปัญหาที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียน หรือนักเรียนมีโอกาสได้พบเจอในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้นักเรียนมองเห็นว่าเป็นปัญหาของตนเองต้องรีบหาทางแก้ไขอย่างเร่งด่วน แต่สถานการณ์ของปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้นักเรียน

สร้างองค์ความรู้ในเรื่อง พันธะไอออนิก เป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและครอบคลุมเนื้อหาที่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ทำให้เป็นปัญหาที่ยังไม่ใกล้ตัวของนักเรียนมากนัก กล่าวคือ นักเรียนยังมองไม่เห็นว่าปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ตนเองต้องรีบแก้ไข ประกอบกับจำนวนเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ไม่เพียงพอ และเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่สูงมาก จากการศึกษางานวิจัยของรังสรรค์ ทองสุกนอก (2545, หน้า 80-82) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการสร้างชุดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น จำนวน 29 คาบเรียน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งนำผลการเรียนเทียบเกณฑ์ร้อยละ 60 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น มีผลการเรียนผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม ในงานวิจัยของเมธาวี พิมวัน (2549, หน้า 81-85) ทำวิจัยเกี่ยวกับการสร้างชุดการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พื้นที่ผิว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้เวลาสอนทั้งหมด 21 ชั่วโมง พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พื้นที่ผิว มีผลการเรียนผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม และงานวิจัยของนันทิยา ไชยสะอาด (2557) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 19 คาบ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 จากงานวิจัยข้างต้น จะเห็นได้ว่า จำนวนเวลาที่ใช้ในการทดลอง มีผลต่อการพัฒนามโนทัศน์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เวลาในการทดลอง 16 ชั่วโมง อาจยังไม่เพียงพอที่จะทำให้คะแนนของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในเรื่อง พันธะไอออนิก สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่เป็นไปตามสมมติฐานได้ ซึ่งนักเรียน อาจต้องได้รับประสบการณ์หรือกิจกรรมเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนามโนทัศน์ให้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของไวก็อตสกี้ที่กล่าวถึง การเสริมต่อการเรียนรู้เป็นบทบาทของครูในการส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนและเตรียมการชี้แนะหรือให้ความช่วยเหลือเพื่อให้นักเรียนไปสู่พัฒนาการในระดับที่สูงขึ้น เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาและขยายมโนทัศน์ให้เป็นมโนทัศน์ที่เป็นระบบ และอาจรวมถึงแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนี้ที่ประกอบไปด้วย ข้อสอบส่วนที่ 1 เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ในวิชาเคมีพื้นฐาน และส่วนที่ 2 การบอกเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้น และเกณฑ์การให้คะแนน ถ้านักเรียนไม่สามารถตอบในส่วนที่ 1 ที่เป็นมโนทัศน์หลัก ๆ นี้ได้ ก็จะไม่สามารถตรวจให้คะแนนในส่วนของการให้เหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้น ๆ ได้ ซึ่งนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับข้อสอบในลักษณะนี้ จากสภาพการณ์ดังกล่าว อาจทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วย การจัดการเรียนรู้

โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 5.18, SD = 3.49, คิดเป็นร้อยละ 11.51) และหลังเรียน ($\overline{X}$ = 15.87, SD = 5.57, คิดเป็นร้อยละ 35.27) พบว่านักเรียนมีพัฒนาที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หรือมีพัฒนาเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.76 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ถึงแม้จะไม่สามารถพัฒนาไปจนถึงเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่กำหนดไว้ก็ตาม ดังตารางการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนเรียนและหลังเรียน ตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนเรียนและหลังเรียน

มโนทัศน์	การพัฒนามโนทัศน์	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1. อะตอมของธาตุเมื่อรับหรือให้อิเล็กตรอนจะเกิดเป็นไอออนบวกและลบ ตามลำดับ ไอออนบวกและไอออนลบยึดเหนี่ยวกับแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันเรียกว่า พันธะไอออนิก เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก	ตอบคำถามถูก แต่ไม่มีการเหตุผล	ตอบคำถามถูกและให้เหตุผลในการตอบว่า "ธาตุโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงเสียอิเล็กตรอนให้อโลหะและทำให้ธาตุโลหะเกิดเป็นไอออนบวก และอโลหะเป็นลบ ทำให้เกิดแรงดึงดูดกันเกิดเป็นพันธะไอออนิก"
2. สารประกอบไอออนิก จัดเรียงตัวเป็นโครงผลึกที่มีรูปร่างแน่นอน ประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่กับไอออนลบต่อเนื่องสลับกันไปทั้งสามมิติ โครงสร้างผลึกจะขึ้นกับสัดส่วนของจำนวนประจุและขนาดของไอออน	ตอบคำถามผิดและให้เหตุผลในการตอบว่า "เพราะสารประกอบไอออนิก เกิดจากการรวมกันของโลหะและอโลหะ ธาตุที่มีค่า IE สูงกว่าจึงมีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่า"	ตอบคำถามถูกและให้เหตุผลในการตอบว่า "สัดส่วนของจำนวนประจุที่ต่างกัน ทำให้โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกมีรูปร่างและลักษณะที่แตกต่างกันออกไป"

ตารางที่ 17 (ต่อ)

มโนทัศน์	การพัฒนามโนทัศน์	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
3. สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีสถานะเป็นของแข็ง เปราะและแตกง่าย มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่ละลายในน้ำ แต่บางชนิดละลายได้น้อยหรือไม่ละลาย เมื่อสารประกอบไอออนิกละลายในน้ำจะมีการสลายพันธะระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ	ตอบคำถามถูก แต่ไม่มีการให้เหตุผล	ตอบคำถามถูกและให้เหตุผลในการตอบว่า "เพราะสารประกอบไอออนิกต้องมีสถานะเป็นของแข็ง ละลายน้ำได้ และเมื่อละลายน้ำได้ ต้องนำไฟฟ้า เพราะมีการกระจายตัวของประจุ"

หมายเหตุ ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ง หน้า 221-223

3. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เนื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น จะเน้นให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหา นักเรียนจึงต้องเริ่มแก้ปัญหาตั้งแต่การทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาด้วยตนเอง พิจารณาจำแนก แยกแยะ สิ่งใดคือปัญหา ข้อมูลใดที่มีอยู่มีอะไรบ้าง ข้อมูลใดที่ต้องหาเพิ่มเติม ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม พิจารณาเชื่อมโยงกับสิ่งที่ต้องการรู้ จัดลำดับความสำคัญของข้อมูล เพื่อวางแผนหาแนวทางในการค้นคว้าและแนวทางการประเมินคำตอบนั้น จากนั้นนักเรียนจะดำเนินการค้นคว้าหรือปฏิบัติการเพื่อรวบรวมข้อมูลตามแผนที่วางไว้ เมื่อได้ข้อมูลแล้วนักเรียนจะมีโอกาสในการพิจารณาคัดเลือกข้อมูล จัดกระทำข้อมูล หาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นหลักการอันจะนำไปสู่คำตอบของปัญหานั้น การได้มาซึ่งองค์ความรู้ที่เป็นคำตอบของปัญหาจากสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจนั้น นักเรียนต้องผ่านกระบวนการคิดที่ต้องแยกแยะ หาความสำคัญ ความเกี่ยวข้องของส่วนสำคัญต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด จนสามารถแก้ปัญหานั้นได้

ลักษณะของกระบวนการคิดที่เกิดขึ้นนี้ อาจกล่าวได้ว่า นักเรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง ซึ่งนักเรียนสามารถนำวิธีการคิดที่เป็นระบบ มีขั้นตอนนี้ไปใช้ในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวันได้ ตัวอย่างเช่น ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาว่า สารประกอบที่เป็นสารประกอบไอออนิกนั้น มีสมบัติอย่างไร นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาโดยเริ่มจากการจำแนก แยกแยะ สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับเรื่องการเกิดพันธะไอออนิก การเกิดสารประกอบไอออนิก จากนั้นตั้งคำถามในสิ่งที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อตอบคำถามของปัญหาดังกล่าว เช่น สารประกอบไอออนิกมีธาตุใดสร้างพันธะไอออนิกกัน สมบัติ ของธาตุและลักษณะโครงสร้างของสารประกอบเป็นอย่างไร เป็นต้น จากนั้นทำการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อตอบคำถามของปัญหาดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยนักเรียนได้เผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหา ได้เห็นทางเลือก และวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 137) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภัทราภรณ์ เบ็ญจวรรณ์ (2554) ที่ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จากเหตุผลดังกล่าวสนับสนุนว่า การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 เนื่องจากกระบวนการในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น ได้มาจากการค้นคว้าแสวงหาคำตอบของปัญหาด้วยการสังเกต ที่เป็นการรวบรวบข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่เกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และการทำการทดลอง เพื่อหาข้อมูลมาสนับสนุนอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ของปัญหา ซึ่งการที่นักเรียนจะสามารถสรุปคำตอบที่ได้นั้น นักเรียนต้องใช้เหตุผลในการพิจารณาข้อมูลที่ค้นคว้า ต้องผ่านกระบวนการคิด การเชื่อมโยงความรู้ทั่วไปที่ได้จากข้อมูลการสังเกต หรือประสบการณ์เดิม จนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ และจากองค์ความรู้นั้น นักเรียนสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้ จนได้ข้อสรุปที่ถูกต้องบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กล่าวได้ว่า นักเรียนเกิดกระบวนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย และอุปนัยขึ้น ตามลำดับ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นการใช้ปัญหากระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกฝนและเกิดการเรียนรู้แบบวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนักเรียนจะเริ่มต้นเรียนรู้จากปัญหาที่ได้เจอ จากนั้นก็ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาเพื่อสร้าง

แนวทางในการหาคำตอบของปัญหานั้น ๆ ร่วมกันดำเนินการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้มา ซึ่งข้อมูลที่จะใช้ตอบปัญหานั้น ๆ จากนั้นก็ร่วมกันวิเคราะห์และร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ได้ และร่วมกันสรุปวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาว่า สารประกอบที่เป็นสารประกอบไอออนิกนั้น มีสมบัติอย่างไร นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาและกำหนดแนวทางในการหาคำตอบหรือร่วมกันกำหนดสมมติฐานขึ้น และร่วมทำการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ศึกษาจากใบกิจกรรม ทำการทดลอง และจากใบงาน เพื่อหาคำตอบของปัญหานี้ เมื่อได้มาซึ่งข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในการตอบปัญหาแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มก็ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ อภิปรายร่วมกันเพื่อแสดงความสมเหตุสมผลของข้อมูลนั้น ๆ โดยครูจะร่วมตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ค้นคว้ามาได้ด้วย เพื่อให้นักเรียนสามารถลงข้อสรุปเพื่อแสดงคำตอบของปัญหานั้น และเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ในเรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก เช่น สารประกอบไอออนิกแข็ง แต่เปราะเพราะเหตุใด สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้หรือไม่ เพราะเหตุใด เป็นต้น ซึ่งถ้านักเรียนยังไม่สามารถตอบคำถามเหล่านี้ได้อย่างถูกต้อง นักเรียนต้องค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม จากนั้นครูและนักเรียนจะร่วมสรุปองค์ความรู้ที่ได้ ซึ่งครูจะกำหนดสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน เพื่อให้นักเรียนทำการประเมินค่าของคำตอบ เป็นการตรวจสอบและยืนยันคำตอบของปัญหา จนเกิดเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ นอกจากนักเรียนจะสามารถให้เหตุผลแบบนิรนัย และอุปนัยได้แล้ว นักเรียนยังสามารถนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากเรื่องพันธะไอออนิก มาอธิบายให้เหตุผลสนับสนุนเพิ่มเติมอีกด้วย โดยการระบุเหตุผลมาจากการเชื่อมโยงความรู้ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น เรื่อง สมบัติเฉพาะตัวของสาร จากข้อสรุปที่กล่าวว่าจุดเดือดและจุดหลอมเหลว ถือเป็นสมบัติเฉพาะตัวชนิดหนึ่งของสสาร เนื่องจากน้ำจะเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งทำการทดลองซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ก็ยังพบว่า น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิเดิม แต่ถ้าลองต้มของเหลวชนิดอื่น จะพบว่าของเหลวอื่นจะเดือดที่อุณหภูมิอื่น และก้อนน้ำแข็งจะเริ่มละลายที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกันกับของแข็งชนิดอื่นที่จะละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ซึ่งนักเรียนได้ให้เหตุผลเพิ่มเติมโดยนำมโนทัศน์เรื่องการเกิดพันธะไอออนิก ที่กล่าวถึง แรงยึดเหนี่ยวของสารระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบที่เกิดเป็นสารประกอบไอออนิกขึ้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีแรงยึดเหนี่ยวมากน้อยต่างกัน เนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ ที่มีจำนวนอิเล็กตรอนและโปรตอนไม่เท่ากัน ส่งผลให้จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารแต่ละชนิดต่างกัน เป็นที่มาของจุดเดือดและจุดหลอมเหลวเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารนั่นเอง จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากข้อมูล การสังเกต หรือประสบการณ์เดิม รวมถึงการใช้แนวคิดหลักการ ทฤษฎีหรือกฎ เชื่อมโยงหาข้อสรุปมาอธิบายสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

และบทความที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวันได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริลักษณ์ วิทยา (2555) ที่ทำการพัฒนา ชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความมีเหตุผล และงานวิจัยของสิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิด เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผลจากการศึกษาของงานวิจัยที่กล่าวมานั้น พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากเหตุผลดังกล่าวสนับสนุนว่า การให้เหตุทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาเคมีพื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ดังนั้นครูสามารถนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ในเนื้อหาหรือรายวิชาอื่น ๆ ที่มีลักษณะเนื้อหาที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยสร้างให้เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และมีความซับซ้อนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างหลากหลายและครอบคลุมเนื้อหาให้มากที่สุด เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 สำหรับครูที่จะจัดการเรียนการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ต้องมีการศึกษาถึงบทบาทของตนเองในทุกขั้นตอน รวมถึงการออกแบบการจัดการเรียนรู้ แหล่งข้อมูล การจัดทำใบความรู้ ใบงาน เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 สำหรับนักเรียน ควรมีการเตรียมความพร้อมความรู้พื้นฐานและกระบวนการคิด โดยการจัดการเรียนรู้หรือกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การใช้คำถามชวนคิด การฝึกให้แก้ปัญหา เป็นต้น เพื่อส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ในการจัดกิจกรรมควรมีการวางแผนจัดสรรเวลาให้สอดคล้องกับกิจกรรมตามความเหมาะสม เนื่องจากในบางขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการเพิ่มเติมรูปแบบกิจกรรม เพื่อช่วยเสริมให้นักเรียนทำความเข้าใจและการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก

2.1 ควรเพิ่มเติมการจัดประสบการณ์หรือกิจกรรมที่เพียงพอ เพื่อส่งเสริมพัฒนาการการเรียนรู้ พร้อมทั้งปรับรูปแบบการวิจัยให้สามารถติดตามผลและดูพัฒนาการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.2 ควรทำการศึกษาผลของความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เนื่องจากขั้นตอนของการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหานั้น นักเรียนต้องวางแผนระดมสมองหาแนวทางในการหาคำตอบ โดยการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้ค้นคว้าและประเมินค่าของคำตอบ ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง พันธะไอออนิกขึ้น จากขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบนั้น เป็นการให้โอกาสผู้เรียนได้มีการฝึกฝนอย่างพอเพียง และจากสถานการณ์ที่หลากหลาย ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นและสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่สถานการณ์อื่น ๆ ได้อีกด้วย

2.3 ควรทำการศึกษาวิจัยผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ต่อทักษะด้านอื่น ๆ เนื่องจากการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลาย เช่น การทำกิจกรรม การทดลอง นักเรียนต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่วมด้วย อีกทั้งขั้นดอนการทำความเข้าใจกับปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การลงมือแก้ไขปัญหาและการตรวจสอบคำตอบของปัญหาล้วนเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทั้งสิ้น ดังนั้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นตัวแปรที่ควรทำการศึกษาวิจัยผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.* กรุงเทพ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

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

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2553). *การคิดเชิงวิเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2555). *การคิดเชิงมโนทัศน์* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

เกศสุดา แพรวกลาง. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับการสอนแบบเทคนิค 4 MAT.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2541). *ผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

จินตนา สุจจานันท์. (2554). *การศึกษาตลอดชีวิตและการพัฒนาชุมชน.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

จีรวรรณ บุริรัง. (2553). *การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาติ แจ่มนุช. (2545). *สอนอย่างไรให้คิดเป็น*. กรุงเทพฯ: เลี่ยเชียง.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ณัฐนันทน์ สำราญสุข. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

ทองจันทร์ หงศ์ลดารมภ์. (2547). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ท.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทัศน์มน หนูนิมิตร. (2551). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักประกอบแผนผังความคิดและแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธวัชชัย คงนุ่ม. (2550). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นภา หลิมรัตน์. (2540, กันยายน-ธันวาคม). PBL คืออะไร?. *วารสารส่งเสริมประสิทธิการเรียนการสอน, 6*(1), 12-18.

นมสภรณ์ วิฑูรเมธา. (2544). การเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-based-learning/ PBL). *รังสิตสารสนเทศ, 7*(1), 67.

นันธิยา ไชยสะอาด. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นาตยา ปิลันธนานนท์, มธุรส จงชัยกิจ และศิริรัตน์ นีละคุปต์. (2542). *การศึกษาตามมาตรฐาน: แนวคิดสู่การปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: แม็ค.

นุชลี อุปภัย. (2555). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญเชิต ภิญโญอนันตพงษ์. (2527). *การทดสอบแบบอิงเกณฑ์: แนวคิดและวิธีการ*. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ๊นส์ ติ้ง เฮาส์.

ประพันธ์ศิริ สุเลารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542. (2542, 15 กรกฎาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. หน้า 42-48.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิจัยการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์ และ Majamdar Basarti. (2544). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหา*. กรุงเทพฯ: ธนาเพรส แอนด์ กราฟฟิค.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

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

มนสภรณ์ นิลพันธุ์. (2544). *การเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก*. เข้าถึงได้จาก http://www.library.rsu.ac.th/pdf7chapter%207.pdf.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2537). *สารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2545, กุมภาพันธ์). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem-based Learning). *วารสารวิชาการ, 5*(2), 11-17.

เมธา สีหานาท. (2546). *ผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง ตารางธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธาวี พิมวัน. (2549). *ชุดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พื้นที่ผิว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ยุพาพร เลาสัตย์. (2553). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่มีต่อความคิดรวบยอดเรื่องพืช ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

รังสรรค์ ทองสุกนอก. (2545). *ชุดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐานในการเรียนรู้ (Problem-based learning) เรื่อง ทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

รัชชานนท์ เทพอาจ. (2552). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์.* สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

รัชนีกร หงส์พนัส. (2547). การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน: ความหมายสู่การเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม. *วารสารมนุษยศาสตร์ปริทรรศน์,* 26, 44-53.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.* กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

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

วนิช สุธารัตน์. (2547). *ความคิดและความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *Constructivism.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณภา โคตรพันธ์. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเขียนแผนผังมโนมติ.* สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชามัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วัลลี สัตยาศัย. (2547). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก รูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ท.

วิณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม. (2554). *รูปแบบการเรียนการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้ Learning management*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศิริพันธ์ ศิริพันธุ์ และยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ์. (2554). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: วิธีการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก Student center: problem-based learning. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 3*(1), 104-112.

ศิริลักษณ์ วิทยา. (2555). *การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). *ผลสอบ O-NET*. (2555). เข้าถึงได้จาก http://www.niets.or.th/.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2532). *เอกสารวิธีสอนเรื่องการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ตัวอย่างข้อสอบโครงการ TIMSS 2011 วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สมุทรปราการ: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

สมชาย วรกิจเกษมสกุล. (2553). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). อุตรธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม. กรุงเทพฯ: ไอเดียสแควร์.

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2555). *คู่มือการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสาม (พ.ศ. 2554-2558) ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ฉบับสถาบันศึกษา (แก้ไขเพิ่มเติม พฤศจิกายน 2554)*. สมุทรปราการ: ออฟเซ็ท พลัส.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). *ผลกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิด เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. ปริญญานิพนธ์การศึกษาตุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุกัญญา พิทักษ์. (2554). *การศึกษาผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุภัทราภรณ์ เบ็ญจวรรณ์. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปาและการจัดการ เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติ: ในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.* กรุงเทพฯ: เจนอรัลบุ๊คเซ็นเตอร์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2546). *วิธีการจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนเชิงมโนทัศน์.* กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2553). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์ เล่ม 2.* กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

อรนุช ศรีสะอาด. (2546). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.* มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษาโครงการตำรา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อุษณีย์ อนุรุทธ์วงศ์. (2555). *การพัฒนาทักษะความคิดระดับสูง.* นครปฐม: ไอ. คิว. บุ๊คเซ็นเตอร์.

Abraham, M. R., Williamson, V.M. & Westbrook, S. L. (1994). A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concept. *Journal of Research in Science Teaching 31*(2), 147-165.

Allen, D., Duch, E., Barbara J., Groh, & Susan E. (1996). *The Power of Problem-based Learning in Introductory Science Courses.* Newark: University of Delaware.

Araya P. (2008). *The Development of Learning Unit with Corporate Scientific Explanation Using Fading Scaffold Teachnique to Promote Students Reasoning Skill.* Dissertation. Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School.

Barell, J. (1998). *PBL an Inquiry Approach.* Illinois: Skylight Training and Publishing Inc.

Barraws, H. S. & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based Learning: An Approach to Medical Education.* New York: Springer.

Bassmajian, R. K. (1978, July). The Relationship Between Piagetian Cognitive Maturity and Schoastic Success of Students Enrolled in Audio-Tutorial Biology Program. *Dissertational Abstracts International, 39*(7), 210-4.

Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Education Objectives.* New York: David McKay.

Delisle, R. (1997). *How to use Problem-Based Learning in the Classroom.* Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Eggen , P., & Kauchak, D. (1997). *Education phychology: windows on classrooms* (3rd ed.) New York: Prentice-Hall.

Eggen, P.D., & Kuachak, D.P. (2001). *Strategies for teacher: Teaching Content and Thinking Skill* (4ht ed.) Needham, Heights: A Peason Education.

Friedler. Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning Scientific Reasoning Skills in Microcomputer-Based Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching,* 27, 173-191.

Gallagher, S. A. (1997). Problem-Based Learning: Where did it come from, What does it do, and Where is it going?. *Journal for the Education of the Gifted, 20*(4), 332-362.

Gallagher, S. A. Stepien, W. J., Sher, B. T., & Workman, D. (1995, March). Implementing Problem-based Learning in Science Class Room. *School Science and Mathematics,* 136-147.

Hewson, P. W., & Hewson, M. G. (1988). Effect of instruction using students' prior knowledge and change Strategies of science learning. *Journal of research in science teaching, 20*(8), 732-734.

Lawson, A. E., & Anton, E. (1995). *Science Teaching and Development of Thinking.* Belmout Califonia: Wadsworth Publishing.

Martin, D. J. (1997). *Elementary Science Method: A Constructivist Approach.* United State of America: Delmar Publishers.

Mierson, S., & Parikh, A. A. (2000). Stories from the field. *Change,* 21-27.

Osborne, R.J., Bell, B.F., & Gillbert, J.K. (1983). Science teaching and children's view of the world. *European Journal of Science Education, 5*(1), 1-14.

Osborne, R. J. & Wittrock, M. C. (1993). Learning Science: A Generative Process. *Science Education, 67*(4), 489-508.

Piaget, J. (1963). *The origins of intelligence in children.* New York: W. W. Norton & Company, Inc.

Ray & Charles L. (1979). A competitive laboratory study of the effect of lower level and higher level question on student, abstract reasoning and critical thinking in two non-direactive high school chemistry classroom. *Dissertational Abstracts International, 40*(6), 3200-A.

Sahin, M. (2010). Effect of Problem-Based Learning on University Students' Epistemological Beliefs About Physics and Physics Learning and Conceptual Understanding of Newtonian Mechanics. *J Sic Edu Techno,* 19, 266-275.

Torp, L. & Sage, S. (1998). *Problem as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12.* Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Watson, G, Edward, & Glaser, M. (1964). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Manual for Ym and Zm.* New York: Harcourt Brace and World.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ดร.อาพันธ์ชนิต เจนจิต	ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน หัวหน้าภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ อาจารย์สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร.ปิยะรัตน์ ดรบัณฑิต	ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. อาจารย์รุ่งทิพย์ นาวาประดิษฐ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนวิชาเคมี โรงเรียนระยองวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ครูชำนาญการพิเศษ
5. อาจารย์อุษา ภิบาลวงษ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล ครูผู้สอนวิชาเคมี โรงเรียนศรียานุสรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ครูชำนาญการพิเศษ

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 1804

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

7 กรกฎาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
เรียน
สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวนัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในคณะนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์
ปฏิบัติการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 086-9804382

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ 2171

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

13 สิงหาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย
เรียน
สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวนัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ ในความควบคุมดูแลของ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนระยองวิทยาคม จำนวน 1 ห้องเรียน โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระว่างวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2557-21 สิงหาคม พ.ศ. 2557 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ จตุรานนท์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์
ปฏิบัติการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 086-9804382

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว. 2168

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

13 สิงหาคม 2557

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
เรียน
สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวนัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนระยองวิทยาคม จำนวน 1 ห้องเรียน โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2557-19 กันยายน พ.ศ. 2557 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
(ลงชื่อ) วิมลรัตน์ จตุรานนท์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลรัตน์ จตุรานนท์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์
ปฏิบัติการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 086-9804382

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง *(IOC)* ของแบบทดสอบ

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D)

ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ตารางที่ 18 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารสารประกอบไอออนิก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านสาระสำคัญ							
1.1 ความถูกต้อง	3	4	4	3	4	3.60	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	4	4	4	4	4.00	มาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	3	4	3	4	3.60	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้							
4.1 ใจความถูกต้อง	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	4	4	4	4.00	มาก

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	4	4	4	4	4.00	มาก
5.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
5.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	4	4	4.00	มาก
6. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้							
6.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
6.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
6.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
7. ด้านการวัดผลและประเมินผล							
7.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	4	4	4	4.00	มาก
7.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	4	4	4	4.00	มาก

ตารางที่ 19 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 2 เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านสาระสำคัญ							
1.1 ความถูกต้อง	3	4	4	4	3	3.60	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	3	4	3	4	3.60	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	4	4	4	4	4.00	มาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	3	4	3	4	3.60	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	3	4	4	4	3	3.60	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	3	4	3.80	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้							
4.1 ใจความถูกต้อง	4	3	4	4	4	3.80	มาก
4.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	4	4	4	4.00	มาก

ตารางที่ 19 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	3	4	4	4	3.80	มาก
5.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	3	4	4	4	3.80	มาก
5.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	3	4	3	4	3.60	มาก
6. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้							
6.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	3	4	4	4	3.80	มาก
6.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
6.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
7. ด้านการวัดผลและประเมินผล							
7.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	4	4	4	4.00	มาก
7.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	4	4	4	4.00	มาก

ตารางที่ 20 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านสาระสำคัญ							
1.1 ความถูกต้อง	3	4	4	3	4	3.60	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	4	4	4	4	4	4.00	มาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	3	4	3	4	3.60	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้							
4.1 ใจความถูกต้อง	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4	4	4	4	4	4.00	มาก
4.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	4	4	4	4.00	มาก

ตารางที่ 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	3	4	4	4	3.80	มาก
5.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
5.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	4	4	4.00	มาก
6. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้							
6.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
6.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4	4	3	4	4	3.80	มาก
6.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4	4	4	4	4	4.00	มาก
7. ด้านการวัดผลและประเมินผล							
7.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	4	4	4	4	4.00	มาก
7.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	4	4	4	4	4.00	มาก

ตารางที่ 21 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ด้านสาระสำคัญ							
1.1 ความถูกต้อง	5	2	5	2	5	3.80	มาก
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	3	5	3	5	4.20	มาก
2. ด้านสาระสำคัญ							
2.1 ความถูกต้อง	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	3	5	3	5	4.20	มาก
	5	3	5	3	5	4.20	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย							
4. ด้านสาระการเรียนรู้							
4.1 ใจความถูกต้อง	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
4.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	5	3	5	4.40	มาก
4.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	3	5	3	5	4.20	มาก

ตารางที่ 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้							
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	3	5	4	5	4.40	มาก
5.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	5	3	5	4.40	มาก
5.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
6. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้							
6.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
6.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	3	5	3	5	4.20	มาก
6.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	3	5	4	5	4.40	มาก
7. ด้านการวัดผลและประเมินผล							
7.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
7.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ตารางที่ 22 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	5	1.00
2	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3	ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) สอดคล้องกับกับภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) ภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	1	0	1	3	0.60
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)	1	1	1	1	1	5	1.00
7	การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 23 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	5	1.00
2	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3	ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) สอดคล้องกับกับภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) ภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)	1	1	1	1	1	5	1.00
7	การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 24 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารปรกอบไอออนิก

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	0	1	0	1	1	3	0.60
2	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระสำคัญ	0	1	1	1	0	3	0.60
3	ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) สอดคล้องกับกับภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	1	1	1	4	0.80
5	กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) ภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.80
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)	1	1	1	1	1	5	1.00
7	การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ 25 แสดงค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ข้อ	ข้อความ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1	1	1	1	1	5	1.00
2	จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3	ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4	สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) สอดคล้องกับกับภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5	กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) ภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)	1	1	1	1	1	5	1.00
7	การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์ในการให้คะแนน

ตารางที่ 26 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์ในการให้คะแนน

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	0	1	1	1	0	3	0.60
2	5	1	1	1	1	1	5	1.00
3	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	0	1	0	1	3	0.60
4	7	0	1	0	1	1	3	0.60
	8	0	1	0	1	1	3	0.60
5	6	1	1	1	1	1	5	1.00
	9	1	1	1	1	1	5	1.00
6	10	1	1	1	1	1	5	1.00
7	11	1	1	1	1	1	5	1.00
	12	1	1	1	1	1	5	1.00
8	13	1	1	1	1	1	5	1.00
9	14	1	1	1	1	1	5	1.00
	15	1	1	1	1	1	5	1.00

จากตารางได้ข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D)
แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 27 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก

ข้อที่	ค่า P_E	ค่า D
1	0.49	0.35
2	0.40	0.23
3	0.55	0.23
4	0.50	0.42
5	0.21	0.22
6	0.36	0.45
7	0.22	0.28
8	0.34	0.35
9	0.26	0.28
10	0.53	0.35
11	0.43	0.23
12	0.36	0.22
13	0.23	0.35
14	0.50	0.23
15	0.31	0.25

จากตารางได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.88 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการให้คะแนนของผู้ตรวจ ρ_{xy} 0.993 แสดงว่า การตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัยของผู้ตรวจทั้งสองคน บ่งบอกถึงสหสัมพันธ์ทางบวกค่อนข้างสูงมาก กล่าวได้ว่า ผู้ตรวจแต่ละคนตรวจให้คะแนนมีความสอดคล้องกันอย่างมาก

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

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

เมื่อ n = 40

$\sum X$ = 681

$(\sum X)^2$ = $(681)^2$ = 463761

$\sum X^2$ = 14297

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

$$= \frac{40(14297) - 463761}{40(40-1)}$$

$$= \frac{571880 - 463761}{1560}$$

$$= \frac{108119}{1560}$$

$$= 69.31$$

$\sum S_i^2$ = 12.31

n = 15

จากสูตร

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

แทนค่า

$$= \frac{15}{15-1}\left[1-\frac{12.31}{69.31}\right]$$

= 1.07 x 0.82

= 0.88

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์ในการให้คะแนน

ตารางที่ 28 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์ในการให้คะแนน

องค์ประกอบ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	7	1	1	1	1	1	5	1.00
2	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
	8	1	1	1	1	1	5	1.00
3	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	1	1	1	1	1	5	1.00
	9	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 29 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่า P_E	ค่า D
1	0.47	0.31
2	0.43	0.22
3	0.34	0.29
4	0.62	0.22
5	0.58	0.41
6	0.49	0.22
7	0.67	0.43
8	0.42	0.21
9	0.63	0.32

จากตารางได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.80 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการให้คะแนนของผู้ตรวจ ρ_{xy} 0.992 แสดงว่า การตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัยของผู้ตรวจทั้งสองคน บ่งบอกถึงสหสัมพันธ์ทางบวกค่อนข้างสูงมาก กล่าวได้ว่า ผู้ตรวจแต่ละคนตรวจให้คะแนนมีความสอดคล้องกันอย่างมาก

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

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

เมื่อ n = 35

$\sum X$ = 469

$(\sum X)^2$ = $(469)^2$ = 219961

$\sum X^2$ = 6901

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

$$= \frac{35(6901) - 219961}{35(35-1)}$$

$$= \frac{241535 - 219961}{1190}$$

$$= \frac{21574}{1190}$$

= 18.13

$\sum S_i^2$ = 5.30

n = 9

จากสูตร

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

แทนค่า

$$= \frac{9}{9-1}\left[1-\frac{5.30}{18.13}\right]$$

= 1.13 x 0.71

= 0.80

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์ในการให้คะแนน

ตารางที่ 30 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างจุดประสงค์ สถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์ในการให้คะแนน

องค์ประกอบ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	*IOC* ($\Sigma R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
2	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 31 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่า P_E	ค่า D
1	0.28	0.22
2	0.24	0.28
3	0.25	0.32
4	0.54	0.29
5	0.31	0.35
6	0.22	0.21

จากตารางได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.72 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการให้คะแนนของผู้ตรวจ ρ_{xy} 0.975 แสดงว่า การตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัยของผู้ตรวจทั้งสองคน บ่งบอกถึงสหสัมพันธ์ทางบวกค่อนข้างสูงมาก กล่าวได้ว่า ผู้ตรวจแต่ละคนตรวจให้คะแนนมีความสอดคล้องกันอย่างมาก

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

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

เมื่อ n = 35

$\sum X$ = 177

$(\sum X)^2$ = $(177)^2$ = 31329

$\sum X^2$ = 1187

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

$$= \frac{35(1187) - 31329}{35(35-1)}$$

$$= \frac{41545 - 31329}{1190}$$

$$= \frac{10216}{1190}$$

= 8.58

$\sum S_i^2$ = 3.46

n = 6

จากสูตร

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

แทนค่า

$$= \frac{6}{6-1}\left[1-\frac{3.46}{8.58}\right]$$

= 1.20 x 0.60

= 0.72

ตารางที่ 32 คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	1	5	24	10	29
2	8	11	25	2	23
3	10	22	26	3	10
4	3	15	27	3	9
5	3	7	28	5	22
6	3	13	29	6	25
7	10	17	30	7	22
8	2	16	31	2	16
9	3	14	32	5	27
10	0	17	33	7	16
11	1	9	34	6	15
12	5	14	35	6	18
13	2	17	36	10	14
14	2	14	37	5	14
15	1	21	38	6	15
16	13	26			
17	2	8			
18	11	18			
19	7	16			
20	0	7			
21	7	13			
22	6	12			
23	12	16			

จากตารางค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 5.18 คะแนน และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 15.87 คะแนน

ตารางที่ 33 คะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 27 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	7	14	24	11	22
2	8	18	25	11	15
3	10	15	26	9	13
4	9	17	27	11	15
5	7	12	28	12	18
6	9	13	29	10	12
7	13	17	30	10	13
8	13	17	31	11	15
9	13	17	32	11	12
10	7	15	33	12	16
11	11	14	34	9	13
12	6	9	35	11	14
13	10	14	36	13	16
14	7	14	37	11	14
15	9	15	38	11	15
16	10	12			
17	9	16			
18	5	11			
19	7	12			
20	10	16			
21	11	19			
22	11	13			
23	10	17			

จากตารางค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 9.87 คะแนน และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 14.47 คะแนน

ตารางที่ 34 คะแนนการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 18 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	6	8	24	4	6
2	6	7	25	4	6
3	7	10	26	5	7
4	3	5	27	2	3
5	3	4	28	5	7
6	6	8	29	3	4
7	8	10	30	7	9
8	7	9	31	5	7
9	3	3	32	7	9
10	4	5	33	5	7
11	5	7	34	3	5
12	5	7	35	7	9
13	2	3	36	5	7
14	5	7	37	6	7
15	3	5	38	6	8
16	3	5			
17	3	4			
18	5	7			
19	6	7			
20	3	3			
21	6	7			
22	4	5			
23	3	5			

จากตารางค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 4.74 คะแนน และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 6.37 คะแนน

ภาคผนวก ค

ผลการคำนวณหาค่า *t-test* โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการคำนวณหาค่า *t-test* โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการคำนวณหาค่า *t-test* ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	posttest	15.87	38	5.76	.93
	pretest	5.18	38	3.49	.57

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	posttest & pretest	38	.43	.007

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	posttest - pretest	10.68	5.30	.86

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	posttest - pretest	8.94	12.43	12.43	37	.000

ผลการคำนวณหาค่า *t-test* ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75 (33.75 คะแนนจากคะแนนเต็ม 45 คะแนน)
โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
posttest	38	15.87	5.76	.93

One-Sample Test

	Test Value = 33.75					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
posttest	-19.15	37	.000	-17.88	-19.77	-15.99

ผลการคำนวณหาค่า *t-test* ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	posttest	14.74	38	2.48	.40
	pretest	9.87	38	2.01	.33

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	posttest & pretest	38	.52	.001

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	posttest - pretest	4.87	2.24	.36

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	posttest - pretest	4.13	5.61	13.34	37	.000

ผลการคำนวณหาค่า *t-test* ของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	posttest	6.37	38	1.96	.32
	pretest	4.74	38	1.61	.26

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	posttest & pretest	38	.96	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	posttest - pretest	1.63	.63	.10

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	posttest - pretest	1.42	1.84	15.88	37	.000

ภาคผนวก ง

แบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง

แผนการจัดการเรียนรู้

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

แบบประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
1. ด้านสาระสำคัญ 1.1 ความถูกต้อง 1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย					
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ 2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน 2.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย					
3. ด้านสาระการเรียนรู้ 3.1 ใจความถูกต้อง 3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา 3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
4. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม 4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน 4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ 5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย 5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน 5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน					
6. ด้านการวัดและประเมินผล 6.1 วัดได้อย่างครอบคลุมเนื้อหา 6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ค่าความสอดคล้อง		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	**+1**	**0**	**-1**
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด			
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ			
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้			
4. สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) สอดคล้องกับภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้			
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) ภาระงานและจุดประสงค์การเรียนรู้			
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)			
7. การวัดผลและการประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา เคมีพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รหัสวิชา 30102

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ภาคเรียนที่ 1/ 2557

เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ (พันธะไอออนิก) เวลา 4 คาบ

(คาบละ 50 นาที)

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับกฎออกเตต การเกิดพันธะไอออนิก และโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้

2. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้

2. สาระสำคัญ

พันธะไอออนิก คือ แรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ และสารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิกเรียกว่า สารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกที่สถานะของแข็งประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่กับไอออนลบต่อเนื่องสลับกันไปทั้งสามมิติและแยกเป็นโมเลกุลเดี่ยวไม่ได้ โดยโครงสร้างแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุ ขนาดของไอออนและโครงสร้างผลึกของสารนั้น ๆ

การเขียนสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุหมู่ IA IIA และ IIIA กับหมู่ธาตุ VA ซึ่งควรจะเขียนได้ดังนี้ M_3X M_3X_2 และ MX พร้อมทั้งเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกนั้นด้วย

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกได้

2. นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้

3. นักเรียนเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้

ด้านกระบวนการ/ สมรรถนะของผู้เรียน

1. นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์สรุปองค์ความรู้เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้

ด้านจิตวิทยาศาสตร์/ คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. นักเรียนมีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น

2. นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม

4. ชิ้นงานหรือภาระงาน

1. ผังมโนทัศน์ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

2. ใบงาน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

5. สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1. การเกิดพันธะไอออนิก

อะตอมของธาตุโลหะมีขนาดใหญ่และมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ต่ำ จึงมีแนวโน้มที่จะเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายเกิดเป็นไอออนบวกที่มีประจุเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่เสียไป ส่วนอะตอมของธาตุอโลหะมีขนาดเล็กและมีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 สูง จึงมีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออนลบที่มีประจุเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่รับ เมื่ออะตอมของโลหะรวมตัวกับอโลหะจะมีการให้และรับอิเล็กตรอนเพื่อปรับให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นไปตามกฎออกเตต

ไอออนบวกและไอออนลบยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เกิดเป็นพันธะเรียกว่า พันธะไอออนิก และสารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิกเรียกว่า สารประกอบไอออนิก

2. โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกที่สถานะของแข็งประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่กับไอออนลบต่อเนื่องสลับกันไปทั้งสามมิติและแยกเป็นโมเลกุลเดี่ยวไม่ได้

โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุ ขนาดของไอออนและโครงสร้างผลึกของสารนั้น ๆ

3. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

การเขียนสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุหมู่ IA IIA และ IIIA กับหมู่ธาตุ VA ซึ่งควรจะเขียนได้ดังนี้ M_3X M_3X_2 และ MX พร้อมทั้งเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกนั้นด้วย ซึ่งการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจะเรียกชื่อไอออนบวกตามด้วยไอออนลบ โดยเรียกชื่อตามชื่อธาตุส่วนธาตุที่เกิดเป็นไอออนบวกได้มากกว่า 1 ชนิด ให้เรียกชื่อธาตุนั้นและระบุตัวเลขประจุหรือเลขออกซิเดชันของไอออนนั้นในวงเล็บเป็นเลขโรมัน

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
1. ขั้นกำหนดปัญหา จัดสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนสนใจ	1. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ 2. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน 3. ครูชวนนักเรียนสนทนาถึงสารเคมีในชีวิตประจำวันที่นักเรียนรู้จัก และพบเจอตั้งแต่ตื่นนอน จนเข้านอน 4. ครูนำตัวอย่างสินค้าอุปโภคที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น ยาสีฟัน ครีมอาบน้ำ ครีมทาผิว แชมพูสระผม น้ำยาทำความสะอาดห้องน้ำ น้ำยาล้างมือ ผงฟู โซดาไฟ เป็นต้น	-แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ - สื่อ Power point เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน -สินค้าอุปโภคบริโภค	15

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	5. ครูให้นักเรียนเลือกสินค้าอุปโภค บริโภค และดูฉลากของสินค้าเหล่านั้น โดยตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบร่วมกันดังต่อไปนี้ - มีสารเคมีใดเป็นองค์ประกอบบ้าง - รู้จักสารเคมีเหล่านั้นหรือไม่ - สารเคมีมีประโยชน์หรือไม่อย่างไรต่อสินค้าอุปโภคบริโภคเหล่านั้น เช่น - ในยาสีฟันมี NaF ที่ช่วยป้องกันฟันผุ - ในขนมมีสารปรุงแต่งอย่างผงฟู ($NaHCO_3$) อีกทั้งยังช่วยแก้พิษจากการโดนผึ้งต่อยได้ด้วย เป็นต้น 6. ครูตั้งประเด็นคำถามต่อเพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า ดังนี้ - สารประกอบที่พบนั้นรวมตัวกันเกิดขึ้นเป็นโครงสร้าง และมีหลักในการการเรียกชื่อของสารประกอบอย่างไร		
2. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาปัญหาที่นักเรียนต้องการเรียนรู้	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถามในประเด็นที่ต้องหาคำตอบ โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนต่อ - สารเคมีเหล่านั้น มีธาตุหมู่ใดเป็นองค์ประกอบบ้าง - สารประกอบรวมตัวกันด้วยการสร้างพันธะเคมีประเภทใด 2. วางแผนในการค้นหาคำตอบ	- หนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม 1 ของ สสวท. - อินเตอร์เน็ต	30

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	โดยลำดับความสำคัญของปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางในการศึกษา		
3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง	1. นักเรียนร่วมค้นหาคำตอบจากสิ่งที่กำหนดแนวทางในการศึกษาไว้ ตามประเด็นที่กำหนดไว้	- หนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม 1 ของ สสวท. - อินเตอร์เน็ต	40
4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน	1. นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันภายในกลุ่ม 2. ครูตั้งคำถามเพื่อสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ ดังนี้ - สารประกอบที่พบนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร - การเกิดพันธะของสารประกอบเกิดขึ้นได้อย่างไร - รูปร่างของสารประกอบเหล่านั้นมีลักษณะโครงสร้างเป็นอย่างไร - การเรียกชื่อของสารประกอบเหล่านั้นมีหลักการอย่างไร 3. นักเรียนตรวจสอบข้อมูลที่ได้และค้นหาความรู้เพิ่มเติม	- หนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม 1 ของ สสวท. - อินเตอร์เน็ต	30
5. ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้	1. ครูและนักเรียนร่วมสรุปองค์ความรู้ที่ได้ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ	- หนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม 1 ของ สสวท. - ใบความรู้ เรื่อง การเกิดพันธะ	40

ขั้นตอนการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อประกอบ	เวลา (นาที)
	2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ใหม่ที่ได้ โดยเขียนผังมโนทัศน์	ไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบ และการเขียนสูตรและเรียกชื่อของสารประกอบ - ใบงาน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก - ผังมโนทัศน์	
6. ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน นำเสนอผลงาน	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานทั้งใบงานและผังมโนทัศน์ 2. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ	- หนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม 1 ของ สสวท. - แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกและการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบ	45

7. **อุปกรณ์ สื่อ และแหล่งการเรียนรู้**

อุปกรณ์

1. สินค้าอุปโภค

สื่อ

1. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1 ของสสวท.
2. สื่อ Power Point เรื่อง สารเคมีในชีวิตประจำวัน
3. ใบความรู้ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบ และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. อินเตอร์เน็ต

8. **การวัดผลและประเมินผล**

วิธีวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
1. ด้านความรู้ - นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกได้ - นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้ - นักเรียนเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	- การซักถาม - ทดสอบหลังเรียน - ตรวจใบงานเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- แบบทดสอบปากเปล่า - แบบทดสอบหลังเรียนเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- นักเรียนร้อยละ 75 สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง - นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75

วิธีวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
		- แบบประเมินใบงาน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- นักเรียนร้อยละ 75 สามารถทำใบงานได้อย่างถูกต้อง
2. ด้านทักษะ - นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์สรุปองค์ความรู้เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	- ตรวจสอบชิ้นงานการนำเสนอ - ตรวจผังมโนทัศน์	- แบบประเมินชิ้นงาน	- นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินระดับดีขึ้นไป
3. ด้านจิตวิทยาศาสตร์ - นักเรียนมีความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น - นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม	- การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป (ประเมินรายกลุ่ม)

9. บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

นักเรียนให้ความสนใจในการสนทนาเรื่องสารเคมีที่อยู่ในชีวิตประจำวัน และร่วมทำกิจกรรมจากสถานการณ์ที่จัดขึ้นในขั้นการกำหนดปัญหา ทำให้นักเรียนร่วมทำกิจกรรมต่อไปเป็นอย่างดี

ปัญหาและอุปสรรค/ ข้อบกพร่องที่พบ

นักเรียนไม่เข้าใจในบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้การประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในขั้น ทำความเข้าใจกับปัญหา ที่นักเรียนยังตั้งประเด็นคำถามไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ได้รับ ทำให้ต้องใช้เวลาในส่วนนี้เพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ/ แนวทางแก้ปัญหา

ครูต้องอธิบายเพิ่มเติมในการทำความเข้าใจกับปัญหา และบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นมากขึ้น รวมถึงต้องเพิ่มเติมในส่วนของคำถามที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนหาคำตอบของปัญหาได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

ลงชื่อ นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์

(นางสาวนัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์)

ผู้สอน

วันที่ 26 สิงหาคม 2557

แบบประเมินการนำเสนอผลงานของกลุ่มและชิ้นงาน

กลุ่มที่	เลขที่	นำเสนอด้วยความถูกต้องสมบูรณ์	งานเสร็จตามเวลาที่กำหนด	การใช้กระบวนการกลุ่มเชิงระบบ	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ความประณีตของชิ้นงาน	หมายเหตุ
1	2,6,19 22,24	✓	✓	✓	✓	✓	
2	1,7,10 14,16,26,31	✓	✓	✓	✓	✓	
3	18,23,21 25,33,35,37	✓	✓	✓	✓	✓	
4	4,9,27,28 32,38	✓	✓	✓	✓	✓	
5	11,13,17,19 29,5	✓	✓	✓	✓	✓	
6	3,12,15,30 34,36	✓	✓	✓	✓	✓	

หมายเหตุ

ใช้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างเมื่อนักเรียนปฏิบัติได้ถูกต้อง

ใช้เครื่องหมาย × ลงในช่องว่างเมื่อนักเรียนปฏิบัติไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การประเมิน

นักเรียนแต่ละคนของกลุ่มต้องมีผลงานผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 3 ข้อ จาก 5 ข้อ ไม่ถูกหักคะแนน

นักเรียนแต่ละคนของกลุ่มผ่านเกณฑ์ 1-2 ข้อ หัก 1 คะแนน จาก 5 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

ผ่าน 4-5 ข้อ มีระดับคุณภาพ ดี

ผ่าน 3 ข้อ มีระดับคุณภาพ พอใช้

ผ่าน 1-2 ข้อ มีระดับคุณภาพ ต้องปรับปรุง

ลงชื่อ .....นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์.....

(.....นางสาวนัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์.....)

ผู้ประเมิน

วันที่ .....28 สิงหาคม 2557.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม

วันที่ประเมิน 28 สิงหาคม 2557 เรื่องที่สอน การเกิดพันธะไอออนิก ชั้น ม. 4/2

รายการประเมิน	คะแนนกลุ่มที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
พฤติกรรมการเรียน 1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียนและทำกิจกรรม	1	1	1	1	1	1				
2. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	1	1	1	1	1	1				
3. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม	1	0	1	1	1	0				
4. การรักษาความสะอาด	1	1	0	0	0	0				
5. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน	0	0	0	0	0	0				
พฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม 1. มีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มอย่างรวดเร็วและเป็นระเบียบเรียบร้อย	0	0	0	1	1	1				
2. มีการปรึกษาหารือกันก่อนทำงาน	1	1	1	1	1	1				
3. รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	1	1	1	1	1	1				
4. ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน	1	1	1	1	1	1				
5. มีการซักถาม และทบทวนเนื้อหาให้สมาชิกทุกคนเกิดความเข้าใจตรงกัน	1	1	1	1	1	1				
รวม (10)	8	7	7	8	8	7				

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 นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์

(นางสาวนัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์)

ผู้ประเมิน

วันที่ 28 สิงหาคม 2557

ใบความรู้

เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบ และการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

พันธะไอออนิก

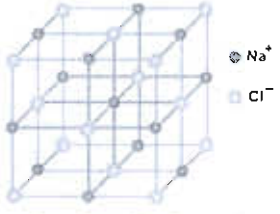
การเกิดพันธะไอออนิก เกิดระหว่างโลหะกับอโลหะ ยกเว้น Be กับ B โดยโลหะจ่ายอิเล็กตรอนออกไปกลายเป็นประจุบวก อโลหะรับอิเล็กตรอนเข้ามากลายเป็นประจุลบ ประจุบวกและประจุลบที่เกิดขึ้นจะส่งแรงดึงดูดกัน เรียกว่า พันธะไอออนิก

หมายเหตุ IE (Ionization Energy) คือ พลังงานอย่างน้อยที่ดึงอิเล็กตรอนให้หลุดจากอะตอมในภาวะก๊าซ EA (Electron Affinity) คือ พลังงานที่คายออกมา เพื่อรับอิเล็กตรอนให้เข้าไปอยู่ภายในอะตอมในภาวะก๊าซ

** หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า พันธะไอออนิกเกิดจากธาตุที่มีค่า IE และ EN สูง กับธาตุที่มีค่า IE และ EN ต่ำ ธาตุใดมีค่า IE หรือ EN ต่างกันมากจะเป็นพันธะไอออนิกมาก พันธะไอออนิกทุกตัวจะเกาะกันเป็นโครงร่างผลึก ดังนี้

โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

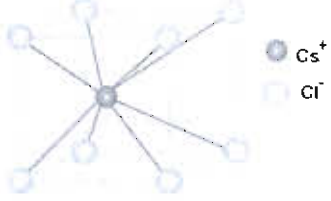
1. ผลึกโซเดียมคลอไรด์ พบว่า ในผลึกโซเดียมคลอไรด์ มีโซเดียมไอออนสลับกันกับคลอไรด์ไอออนเป็นแถว ๆ ทั้งสามมิติ มีลักษณะคล้ายตาข่าย โดยที่แต่ละไอออน จะมีไอออนต่างชนิดล้อมรอบอยู่ 6 ไอออน ดังรูป



รูป โครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างไอออนบวก : ไอออนลบเท่ากับ 6 : 6 หรือ 1 : 1 สูตรอย่างง่ายจึงเป็น NaCl

2. ผลึกซีเซียมคลอไรด์ แต่ละไอออนจะมีไอออนต่างชนิดล้อมรอบอยู่ 8 ไอออน ดังรูป



รูป โครงสร้างผลึกของซีเซียมคลอไรด์

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างไอออนบวก : ไอออนลบเท่ากับ 8 : 8 หรือ 1 : 1 สูตรอย่างง่ายจึงเป็น CsCl จากตัวอย่างของโครงสร้างผลึกของโซเดียมคลอไรด์และซีเซียมคลอไรด์ จะมีลักษณะต่างกัน ถึงแม้ว่าเป็นธาตุในหมู่เดียวกัน เพราะมีขนาดไอออนต่างกัน

สูตรและการอ่านชื่อสารประกอบไอออนิก

เนื่องจากสารประกอบไอออนิกมีลักษณะการสร้างพันธะต่อเนื่องกันเป็นผลึก ไม่ได้อยู่ในลักษณะของโมเลกุลเหมือนในสารประกอบโคเวเลนต์ ดังนั้นสารประกอบไอออนิกจึงไม่มีสูตรโมเลกุลที่แท้จริง แต่จะมีการเขียนสูตรเพื่อแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบ เช่น โซเดียมคลอไรด์ เกิดจากอะตอมของธาตุโซเดียม (Na) อย่างน้อยที่สุด 1 อะตอม และอะตอมของธาตุคลอรีน (Cl) อย่างน้อยที่สุด 1 อะตอม จึงสามารถเขียนสูตรได้เป็น NaCl โดยการเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกจะเขียนนำด้วยธาตุที่เกิดเป็นไอออนบวกก่อน จากนั้นจึงเขียนตามด้วยธาตุที่เกิดเป็นไอออนลบตามลำดับ

วิธีการอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกให้อ่านตามลำดับของธาตุที่เขียนในสูตร คือ เริ่มจากธาตุแรกซึ่งเกิดเป็นไอออนบวก (ธาตุโลหะ) แล้วตามด้วยธาตุหลังซึ่งเป็นไอออนลบ (ธาตุอโลหะ) ดังนี้

1. เริ่มจากอ่านชื่อไอออนบวก (ธาตุโลหะ) ก่อน

2. อ่านชื่อธาตุไอออนลบ (ธาตุอโลหะ) โดยเปลี่ยนเสียงสุดท้ายเป็น -ไอด์ (-ide) ดังตัวอย่างเช่น

NaCl อ่านว่า โซเดียมคลอไรด์

MgO อ่านว่า แมกนีเซียมออกไซด์

Al_2O_3 อ่านว่า อะลูมิเนียมออกไซด์

3. หากไอออนลบมีลักษณะเป็นกลุ่มธาตุ จะมีชื่อเรียกเฉพาะที่แตกต่างกัน เช่น NO_3^- เรียกว่า ไนเตรต, CO_3^{2-} เรียกว่า คาร์บอเนต, SO_4^{2-} เรียกว่า ซัลเฟต OH^- เรียกว่า ไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ดังตัวอย่างเช่น

$CaCO_3$ อ่านว่า แคลเซียมคาร์บอเนต

Na_2SO_4 อ่านว่า โซเดียมซัลเฟต

ใบงาน เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

1. จงเรียกชื่อไอออนบวก ไอออนลบและสารประกอบไอออนิกดังต่อไปนี้

ไอออนบวก	**เรียกชื่อ**
H^+	
Ca^{2+}	
Mg^{2+}	
Pb^{2+}	
ไอออนลบ	
Cl^-	
I^-	
SO^{2-}	
NO^-_3	
สารประกอบไอออนิก	
NaCl	
HCl	
KNO_3	
$CaCO_3$	
$BaSO_4$	

2. จงเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกดังต่อไปนี้

ชื่อสารประกอบไอออนิก	**สูตรของสารประกอบไอออนิก**
เลด (II) ไนเตรต	
แคลเซียมฟอสเฟต	
อะลูมิเนียมคาร์บอเนต	
โครเมียม (III) คลอไรด์	

ใบงาน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก

.....

.....

2. สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก เรียกว่าอย่างไร

.....

.....

.....

3. สารประกอบโซเดียมคลอไรด์เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

4. โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

5. การจัดเรียงตัวของไอออนบวกและไอออนลบในสารประกอบไอออนิกเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

6. จงเขียนสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์และสารประกอบแคลเซียมฟลูออไรด์

.....

.....

7. จงเขียนแบบจำลองโครงสร้างผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์และสารประกอบแคลเซียมฟลูออไรด์

8. สารประกอบโซเดียมคลอไรด์และสารประกอบแคลเซียมฟลูออไรด์มีโครงสร้างเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

9. ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกมีลักษณะแตกต่างกัน

.....

.....

10. สารใดต่อไปนี้เป็นสารประกอบไอออนิก เพราะเหตุใด

CH_4 $CaCO_3$ CaO C_2H_5OH $NaHCO_3$

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
ในวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง พันธะไอออนิก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้เพื่อวัดมโนทัศน์ในเนื้อหาวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่องพันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. ลักษณะข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 15 ข้อ พร้อมทั้งให้เหตุผลในการตอบแต่ละข้อ

3. การตอบ ให้นักเรียนอ่านคำถามแต่ละข้อให้เข้าใจ เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวจากข้อ ก ข ค และ ง โดยทำเครื่องกากบาท (X) พร้อมให้เขียนให้เหตุผลในการเลือกตอบในข้อนั้น

ตัวอย่าง ข้อใดที่ทราบจากการทดลองโดยใช้หลอดรังสีแคโทด

ก. นิวเคลียสของธาตุมีโปรตอน

ข. สสารทุกรูปแบบประกอบด้วยอิเล็กตรอน

ค. รังสีบวกจะเป็นโปรตอน

ง. อนุภาคแอลฟาหนักหว่าโปรตอน

เพราะเหตุใด หลอดรังสีแคโทดของทอมสัน พบว่าไม่ว่าจะเปลี่ยนขั้วแคโทดหรือแก๊สที่บรรจุในหลอดเป็นชนิดใด รังสีแคโทดก็มีสมบัติเช่นเดิมและค่าประจุอัตราส่วนประจุต่อมวลก็คงที่จึงทำให้ทอมสัน สรุปได้ว่า อนุภาคที่มีประจุลบเป็นองค์ประกอบของอะตอมของธาตุทุกชนิดและให้ชื่อว่าอิเล็กตรอน

1. เมื่อธาตุโลหะเกิดการสร้างพันธะกับธาตุอโลหะ ธาตุโลหะจะเสียอิเล็กตรอนให้แก่ธาตุอโลหะ ทำให้ธาตุโลหะ เกิดเป็นไอออนบวก และธาตุอโลหะเกิดเป็นไอออนลบ ส่งผลให้เกิดแรงดึงดูดกันทางไฟฟ้า เกิดเป็นพันธะไอออนิกขึ้น จากข้อความข้างต้นมีความสัมพันธ์กับข้อใดต่อไปนี้

ก. ธาตุโลหะมีขนาดอะตอมเล็กกว่าธาตุอโลหะจึงเสียอิเล็กตรอนง่ายกว่าธาตุอโลหะ

ข. ธาตุอโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงรับอิเล็กตรอนจากธาตุโลหะได้

ค. ธาตุโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุอโลหะ

ง. ธาตุโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) สูง จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุอโลหะ

เพราะเหตุใด

.....

.....

2. สารประกอบคู่ใดต่อไปนี้ **ไม่ใช่**สารประกอบไอออนิก

ก. NaF, NaCl

ข. $NaNO_3$, NH_4F

ค. $BaSO_4$, CuS

ง. CO_2 , CH_3Cl

เพราะเหตุใด

.....

.....

3. ข้อใดเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

ก. MgCl ข. MgO ค. Li_2Cl ง. Ca_2F

เพราะเหตุใด

.....

.....

4. ข้อใดเรียกชื่อสารประกอบได้ถูกต้อง

ก. $BaSO_4$ อ่านว่า แบเรียมซัลเฟอร์ออกไซด์

ข. $CaBr_2$ อ่านว่า แคลเซียมโบรไมด์

ค. NH_4Cl อ่านว่า แอมโมเนียมคลอรีน

ง. CaO อ่านว่า แคลเซียมออกซิไดซ์

เพราะเหตุใด

.....

.....

5. เพราะเหตุใด โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกจึงมีลักษณะแตกต่างกัน

ก. สัดส่วนของจำนวนประจุ ข. จำนวนอิเล็กตรอน

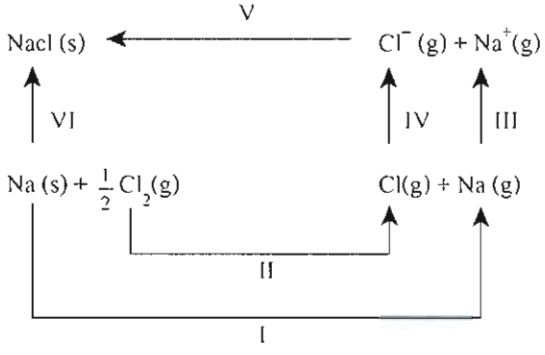
ค. บางชนิดแยกเป็นโมเลกุลเดี่ยวได้ ง. สถานะของสารประกอบต่างกัน

เพราะเหตุใด

.....

.....

6. ถ้า I, II, III, IV, V และ VI เป็นขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเตรียม NaCl จาก Na (s) และ $Cl_2(g)$ ข้อใดแสดงชนิดของปฏิกิริยาเหล่านี้ได้ถูกต้อง



ก. I, II และ III คายความร้อน IV, V และ VI ดูดความร้อน

ข. II, IV และ V คายความร้อน I, III และ V ดูดความร้อน

ค. I, IV และ V คายความร้อน I, III และ VI ดูดความร้อน

ง. IV, V และ VI คายความร้อน I, III และ II ดูดความร้อน

เพราะเหตุใด

.....

.....

7. ข้อใดเป็นสมการแสดงการเกิดสารประกอบ NaBr

ก. $Na(s) + \frac{1}{2}Br_2(l) \longrightarrow NaBr(s)$ ข. $Na(s) + Br(g) \longrightarrow NaBr(g)$

ค. $Na(s) + Br(g) \longrightarrow NaBr(s)$ ง. $Na(g) + \frac{1}{2}Br_2(g) \longrightarrow NaBr(s)$

เพราะเหตุใด

.....

.....

8. AB เป็นสารประกอบไอออนิก ประกอบด้วยธาตุ A กับธาตุ B ปฏิกิริยาใดที่เกิดการคายพลังงานเพื่อเกิดผลึกไอออนิกของ AB ที่เรียกว่า พลังงานแลตทิซ

ก. $A^+(aq) + B^-(aq) \longrightarrow AB(s)$ ข. $A^+(g) + B^-(g) \longrightarrow AB(s)$

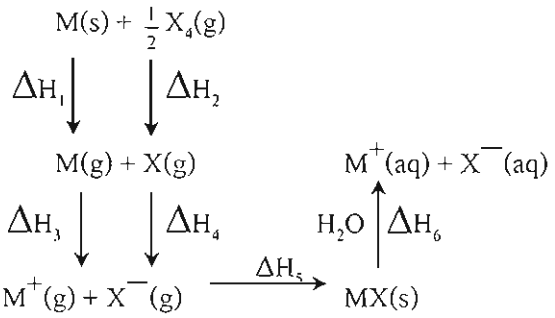
ค. $A(g) + B(g) \longrightarrow AB(s)$ ง. $A(s) + B(l) \longrightarrow AB(s)$

เพราะเหตุใด

.....

.....

9. พิจารณาแผนภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงาน



การระบุชื่อพลังงานในข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. ΔH_3 คือพลังงานสลายพันธะ ข. ΔH_4 คือสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน

ค. ΔH_5 คือพลังงานแลตทิซ ง. ΔH_6 คือพลังงานไฮเดรชัน

เพราะเหตุใด

.....

.....

10. จากข้อมูลที่กำหนดให้ใช้ตอบคำถามต่อไปนี้

สาร	สถานะ	การนำไฟฟ้า	การละลายน้ำ	การนำไฟฟ้าเมื่อเป็นสารละลาย
A	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	ละลายได้	นำไฟฟ้าได้
B	ของแข็ง	นำไฟฟ้า	ไม่ละลายน้ำ	ทดสอบไม่ได้
C	ของเหลว	ไม่นำไฟฟ้า	ละลายได้	ไม่นำไฟฟ้า
D	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่ละลายน้ำ	ทดสอบไม่ได้
E	ของแข็ง	ไม่นำไฟฟ้า	ละลายได้	ไม่นำไฟฟ้า

สารใดจัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ก. A ข. B ค. C ง. D

เพราะเหตุใด

.....

.....

14. สมการไอออนิกสุทธิข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. $Na^{+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow NaSO_4(s)$

ข. $Pb^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq) \longrightarrow PbI_2(s)$

ค. $3Ca^{2+}(aq) + 2PO^{3-}(aq) \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2(s)$

ง. $Al^{3+}(aq) + 3OH^{-}(aq) \longrightarrow Al(OH)_3(s)$

เพราะเหตุใด

.....

.....

15. ข้อใดคือสมการไอออนิกของสารละลาย $CuSO_4$ (aq) กับ K_2S (aq)

ก. $Cu^{2-}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2K^{-}(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow CuS(s) + 2K^{+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

ข. $Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + K^{-}(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow CuS(s) + K^{+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

ค. $Cu^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow CuS(s)$

ง. $Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2K^{-}(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow CuS(s) + K^{+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

เพราะเหตุใด

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 1 ตอบ **ค.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะธาตุโลหะเป็นธาตุที่มีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย ส่วนธาตุอโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) สูง เสียอิเล็กตรอนยากแต่สามารถรับอิเล็กตรอนได้ง่าย เนื่องจากมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) สูง ทำให้เมื่อเกิดการสร้างพันธะระหว่างธาตุโลหะกับธาตุอโลหะขึ้น ธาตุโลหะจึงเสียอิเล็กตรอนให้แก่ธาตุอโลหะ ทำให้ธาตุโลหะเกิดเป็นไอออนบวก ส่วนธาตุอโลหะที่รับอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออนลบ ส่งผลให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ นั่นคือเกิด พันธะไอออนิก	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะธาตุโลหะเป็นธาตุที่มีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ ธาตุอโลหะจึงเสียอิเล็กตรอนให้กับธาตุอโลหะที่มีพลังงานไอออไนเซชันสูง	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 2 ตอบ **ง.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะสารประกอบไอออนิก คือสารที่เกิดพันธะไอออนิก โดยเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกของธาตุโลหะและไอออนลบของธาตุอโลหะ	3

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะสารประกอบไอออนิก เกิดจากการสร้างพันธะระหว่างธาตุโลหะ และธาตุอโลหะ	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมี บางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 3 ตอบ **ข.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะ MgO เป็นสารประกอบไอออนิก เนื่องจาก Mg เป็นธาตุโลหะอยู่หมู่ IIA เสียอิเล็กตรอนแก่ O ซึ่งเป็นธาตุอโลหะ อยู่หมู่ VIIA ทำให้ เกิดเป็น Mg^{2+} และ O^{2-} ตามลำดับ จึงเขียนสูตรออกเป็น MgO ให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์ และแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออน	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะ MgO เป็นสารประกอบไอออนิก เนื่องจาก Mg เป็นธาตุโลหะอยู่หมู่ IIA เป็นไอออนบวก ประจุเป็น +2 ส่วน O เป็นธาตุอโลหะอยู่หมู่ VIA เป็นไอออนลบต้องการอิเล็กตรอนเพิ่ม 2 ตัว มีประจุ -2	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 4 ตอบ **ข.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะการอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกให้อ่านตามลำดับของธาตุที่เขียนในสูตร คือ เริ่มจากธาตุแรกซึ่งเกิดเป็นไอออนบวก (ธาตุโลหะ) แล้วตามด้วยธาตุหลังซึ่งเป็นไอออนลบ โดยถ้าเป็นธาตุไอออนลบ (ธาตุอโลหะ) ให้เปลี่ยนเสียงสุดท้ายเป็น -ไอด์ (-ide) และหากไอออนลบมีลักษณะเป็นกลุ่มธาตุ ให้เรียกตามชื่อเฉพาะของกลุ่มธาตุนั้น ๆ	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะต้องเรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบ	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 5 ตอบ **ก.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะสารประกอบไอออนิก จัดเรียงตัวเป็นโครงผลึกที่มีรูปร่างที่แน่นอน ประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่กับไอออนลบต่อเนื่องสลับกันไปทั้งสามมิติ โครงสร้างผลึกจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุและขนาดของไอออน	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะสารประกอบไอออนิก ประกอบด้วยไอออนบวกรวมอยู่กับไอออนลบต่อเนื่องสลับกันไป โครงสร้างผลึกจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประจุ	2

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 6 ตอบ ง. **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะ IV เป็นขั้นตอนที่คลอรีนสถานะแก๊สรับอิเล็กตรอนกลายเป็นคลอไรด์ไอออน ซึ่งเกิดการคายพลังงานเพื่อรับอิเล็กตรอน V เป็นขั้นที่โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนในสถานะแก๊สรวมตัวกันด้วยพันธะไอออนิก เกิดการคายพลังงานออกมาเพื่อสร้างพันธะ VI เป็นขั้นที่เกิดการรวมตัวกันเป็นสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการคายพลังงาน I เป็นขั้นที่โลหะโซเดียมเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอ ซึ่งจะต้องดูดพลังงานเข้าไปเพื่อเปลี่ยนสถานะ III เป็นขั้นที่โซเดียมสูญเสียอิเล็กตรอนกลายเป็นโซเดียมไอออน ซึ่งจะต้องดูดพลังงานเข้าไปเพื่อทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม II เป็นขั้นที่โมเลกุลคลอรีนสถานะแก๊สแตกตัวเป็นอะตอมในสถานะแก๊ส ซึ่งจะต้องดูดพลังงานเข้าไปเพื่อทำลายพันธะ	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะ IVเป็นขั้นตอนที่คลอรีนรับอิเล็กตรอนกลายเป็นคลอไรด์ไอออน V เป็นขั้นที่โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนรวมตัวกันด้วยพันธะไอออนิก และ VI เป็นขั้นที่เกิดการรวมตัวกันเป็นสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ ตามลำดับเป็นการคายความร้อน ส่วน I เป็นขั้นที่โลหะโซเดียมเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอ III เป็นขั้นที่โซเดียม	2

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
กลายเป็นโซเดียมไอออน และ II เป็นขั้นที่โมเลกุลคลอรีน แตกตัวเป็นอะตอมในสถานะแก๊สตามลำดับ เป็นการดูดความร้อน	
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 7 ตอบ **ก.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะ สมการแสดงการเกิดสารประกอบไอออนิกเป็นสมการที่บอกถึงการเกิดสารประกอบไอออนิกว่าเกิดจากการให้และรับอิเล็กตรอนในสัดส่วนเท่าใด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนโมลของสาร นั่นคือ Na 1 โมลจะเสียอิเล็กตรอนให้ Br 1 อิเล็กตรอน ส่วน Br 1 โมล ก็จะรับอิเล็กตรอนจาก Na 1 ตัว ดังนั้นเมื่อเกิดสารประกอบจึงต้องใช้ Na 1 โมล และ Br 1 โมล	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะ การเกิด NaBr 1 โมล เกิดจาก Na 1 โมล สร้างพนธะกับ Br เพียง 1 โมล	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 8 ตอบ **ข.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะพลังงานแลตทิซ เป็นพลังงานที่เกิดจากการที่ไอออนบวกและไอออนลบในสถานะแก๊สยึดเหนี่ยวกันเกิดเป็นผลึก (ของแข็ง)	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะพลังงานแลตทิซ เป็นพลังงานที่ได้จากการที่ไอออนบวกและไอออนลบยึดเหนี่ยวกันเป็นผลึก	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 9 ตอบ **ก.** **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะ ΔH_3 เป็นขั้นตอนการที่โลหะในสถานะแก๊สสูญเสียอิเล็กตรอนกลายเป็นไอออนบอก ซึ่งจะต้องดูดพลังงานเข้าไป พลังงานที่ดูดเข้าไปเพื่อนทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมของโลหะ คือ พลังงานไอออไนเซชัน (IE)	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะ ΔH_3 เป็นขั้นตอนของการที่โลหะเสียอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนบวก	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 10 ตอบ ก. **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะสารประกอบไอออนิกที่มีสถานะเป็นของแข็งจะไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ แต่จะสามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อเกิดการหลอมเหลวหรือละลายในน้ำ เนื่องจากเมื่อหลอมเหลวหรือละลายในน้ำสารประกอบไอออนิกจะแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่จึงนำไฟฟ้าได้	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะสารประกอบไอออนิกที่มีสถานะเป็นของแข็งจะไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ แต่จะสามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อเกิดการหลอมเหลวหรือละลายในน้ำ	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 11 ตอบ ง. **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะสารประกอบไอออนิกมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เมื่อเป็นของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อหลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากเมื่อหลอมเหลวหรือละลายในน้ำสารประกอบไอออนิกจะแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่จึงนำไฟฟ้าได้	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะสารประกอบไอออนิกมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง	2

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
เมื่อเป็นของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อหลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้	
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 12 ตอบ ก. **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะเมื่อ NaOH ละลาย ทำให้พลังงานไฮเดรชันมากกว่าพลังงานแลตทิซ ดังนั้นระบบจึงมีการคายพลังออกมา ทำให้สารละลายมีอุณหภูมิสูงขึ้น	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะพลังงานไฮเดรชันมากกว่าพลังงานแลตทิซ ทำให้สารละลายมีอุณหภูมิสูงขึ้น	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 13 ตอบ ง. **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะ เมื่อ KBr กับ $Pb(NO_3)_2$ ทำปฏิกิริยากันจะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งกันและกัน เกิดเป็น KNO_3 ที่ละลายน้ำได้ดี และได้ $PbBr_2$ ซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงทำให้มีตะกอนของ $PbBr_2$ เกิดขึ้น	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง	2

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะ เมื่อ KBr กับ $Pb(NO_3)_2$ จะมีตะกอนของ $PbBr_2$ เกิดขึ้น	
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบาย มีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 14 ตอบ ก. **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะสมการไอออนิกสุทธิ เป็นสมการที่แสดงเฉพาะไอออนที่เข้าทำปฏิกิริยาแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องดุลสมการทั้งจำนวนอะตอมและจำนวนประจุของสารตั้งต้นและของสารผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะสมการไอออนิกสุทธิ เป็นสมการที่แสดงเฉพาะไอออนที่เข้าทำปฏิกิริยาแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องดุลสมการด้วย	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบาย มีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

มโนทัศน์	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อ 15 ตอบ ก. **มโนทัศน์ที่สมบูรณ์** (คำตอบถูก และให้เหตุผลครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด) => เพราะสมการไอออนิกเป็นสมการที่แสดงไอออนอิสระของสารประกอบไอออนิกในสารละลายครบทุกชนิดที่ทำปฏิกิริยากัน	3
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลครบถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์) => เพราะสมการไอออนิกเป็นสมการที่แสดงไอออนอิสระของสาร	2
แนวความคิดคลาดเคลื่อน (คำตอบถูกต้อง แต่มีการให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง)	1
ความเข้าใจผิด (คำตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม)	0

แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้เพื่อวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้

2. แบบทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 9 ข้อ โดยในแต่ละข้อจะให้สถานการณ์ปัญหา ซึ่งอาจมีรูปภาพ และคำอธิบายประกอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา ซึ่งรูปแบบการตอบมีแบบเลือกตอบหรือเขียนตอบ พร้อมอธิบายเหตุผลในการตอบข้อนั้น

แท้หรือเทียม-ปัญหาความหวานที่เลือกยาก

อาหารรสหวานที่หลาย ๆ คนชื่นชอบ แต่ความหวานที่ได้มานั้นนักเรียนอาจต้องแลกด้วยอะไรบางอย่าง พลังงานที่มากเกินความจำเป็นของน้ำตาลถูกสะสมอยู่ในร่างกายในรูปของไขมัน แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของฟันผุจะกินน้ำตาลที่อยู่ในปากเป็นอาหาร และโดยเฉพาะคนที่เป็นโรคเบาหวาน การบริโภคอาหารที่มีรสหวานจะทำให้ปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นจนเป็นอันตรายต่อชีวิต

นักวิทยาศาสตร์ทางอาหารได้พัฒนาสารประกอบอินทรีย์ 3 ชนิดซึ่งมีความหวานแต่ให้แคลอรี่ต่ำขึ้นคือ แซคคารีน ไซคลาเมต และแอสพาร์เทม ยกตัวอย่าง เช่น แอสพาร์เทมมีความหวานเป็น 200 เท่าของน้ำตาลซูโครส ในน้ำหนักที่เท่ากัน แอสพาร์เทมและซูโครสจะมีปริมาณแคลอรีที่เท่ากัน แต่เพื่อให้ได้ความหวานที่เท่ากันจะใช้แอสพาร์ทเทมในปริมาณที่น้อยกว่ามาก แต่โชคร้ายที่การใช้แซคคารีน ไซคลาเมต และแอสพาร์เทม ล้วนแต่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ใช้

สารให้ความหวาน ทำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานสามารถทานอาหารหรือเครื่องดื่มได้อร่อยและปลอดภัยโดยที่ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด แต่คนส่วนใหญ่ที่บริโภคสารให้ความหวานก็เพราะต้องการลดน้ำหนัก โฆษณาในปัจจุบันสร้างให้เกิดค่านิยมเรื่องความผอม

จากการศึกษาไซคลาเมต พบว่าการรับสารนี้ในปริมาณมาก ๆ จะนำไปสู่การเป็นโรคมะเร็งและความบกพร่องตั้งแต่แรกเกิดของสัตว์ทดลององค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (The U.S. Food and Drug Administration, FAD) ได้ประกาศห้ามใช้ ไซคลาเมต แต่ก็มีคนที่คิดว่าการใช้ไซคลาเมตในปริมาณที่พอเหมาะจะปลอดภัย

ในการศึกษาที่คล้ายคลึงกันของสารแซคคารีน พบว่าการรับประทานแซคคารีนในปริมาณมาก ๆ มีแนวโน้มจะทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง ดังนั้น FAD จึงเรียกร้องให้ทุกผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแซคคารีนแสดงฉลากเตือนเพื่อให้ทราบว่าอาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ในการศึกษาเกี่ยวกับแอสพาร์เทม พบว่าแอสพาร์เทมมีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายเมื่อใช้ในปริมาณมาก มีความเสี่ยงที่ได้รับอันตรายอย่างรุนแรงจากการใช้แอสพาร์เทม โดยเฉพาะถ้าคนนั้นมีความผิดปกติทางพันธุกรรมที่เรียกว่า เฟนีลคีโตนูเรีย (Phenylketonuria, PKU) กรดอะมิโนชนิดหนึ่งในแอสพาร์เทมจะรบกวนการเจริญเติบโตของร่างกาย ดังนั้นคนกลุ่มนี้ต้องหลีกเลี่ยงที่จะใช้แอสพาร์เทม โดยเฉพาะเด็กทารก

(ที่มา: David V. Frank, Ph.D. John G. Little และ Steve Miller. (ธีรยุทธ วิไลวัลย์และวราวุฒิ ตั้งพสุธาดล) สำรวจโลกวิทยาศาสตร์, หน้า 136-137)

1. จากบทความข้างต้น เพราะเหตุใดจึงให้ความสำคัญกับการใช้สารให้ความหวานสังเคราะห์ (ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการใช้สารให้ความหวานสังเคราะห์และน้ำตาลจากธรรมชาติ (ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. สมมติว่านักเรียนช่วยกันวางแผนจัดเตรียมอาหารและเครื่องดื่มสำหรับงานเลี้ยงปีใหม่ของห้องนักเรียนจะนำเครื่องดื่มที่มีการใช้สารให้ความหวานสังเคราะห์หรือไม่ เพราะเหตุใด (ด้านการวิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ทำความรู้จักกับไฟ

ไฟเป็นผลของกระบวนการ**การเผาไหม้ (Combustion)** ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างออกซิเจนกับสารที่เรียกว่า **เชื้อเพลิง** คำว่าเชื้อเพลิงนี้ใช้เรียกสารใด ๆ ก็ตามที่สามารถปลดปล่อยพลังงานออกมาเมื่อเผาไหม้ ตัวอย่างของสารที่เป็นเชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมัน ถ่าน ไม้ น้ำมันรถยนต์ และกระดาษ เป็นต้น โดยปกติสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเผาไหม้คือคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่บางครั้งอาจเกิดควันและก๊าซพิษอื่น ๆ เมื่อมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ หรือเมื่อมีสารเคมีบางชนิดอยู่ด้วย

สามเหลี่ยมแห่งไฟ ถึงแม้กระบวนการของการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ไฟจะเริ่มต้นเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าสภาวะไม่เอื้ออำนวย ปัจจัยสามอย่างที่ทำให้เกิดไฟได้แก่ **เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน**

อากาศรอบตัวเรามีออกซิเจนอยู่ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ นั่นหมายถึง ถ้ามีอากาศอยู่ที่ใดออกซิเจนก็อยู่ที่นั่น กองเพลิงขนาดใหญ่สามารถดูดก๊าซออกซิเจนจากอากาศเข้าไปได้ ทำให้ปริมาณออกซิเจนอยู่น้อยกว่าปกติ นอกจากนี้ กองไฟยังทำให้อากาศที่มีออกซิเจนอยู่น้อยมีความร้อนสูงขึ้นและลอยตัวออกห่างจากกองไฟ อากาศจากบริเวณอื่นซึ่งมีออกซิเจนอยู่ในปริมาณปกติจะเคลื่อนเข้ามาแทนที่ เราสามารถรู้สึกถึงการพัดพาของอากาศเข้าหากองไฟในลักษณะเช่นนี้ได้ ถ้าเรายืนอยู่หน้าเตาผิงหรือกองไฟ

องค์ประกอบที่สามของการเกิดไฟคือ ความร้อน เชื้อเพลิงและออกซิเจน สามารถอยู่ร่วมกันได้โดยไม่เกิดปฏิกิริยาต่อกันจนกว่าจะได้รับพลังงานกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ขึ้น พลังงานนี้อาจมาจากการจุดไม้ขีด จากประกายไฟฟ้า ฟ้าผ่า หรือความร้อนจากเตาอบ เมื่อปฏิกิริยาการเผาไหม้เริ่มต้นขึ้น ความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจะเป็นพลังงานส่งให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง

ไฟจะลุกไหม้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาตราบเท่าที่มีองค์ประกอบทั้งสามชนิดในปี ค.ศ. 1962 มีเหตุการณ์เพลิงไหม้ในเหมืองถ่านหินที่เมืองเซนทรัลเลีย (Centralia) รัฐเพนซิลวาเนีย (Pennsylvania) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพลิงได้ลุกไหม้ติดต่อกันเป็นเวลานานมาก เพราะอากาศจากภายนอกสามารถเล็ดลอดเข้าไปในเหมืองผ่านช่องลมที่ขุดเจาะขึ้นเพื่อระบายอากาศภายในเหมือง เจ้าหน้าที่ได้พยายามอุดช่องทุกช่องแต่ก็ดำเนินการได้ไม่หมด เพราะไม่มีการเขียนแผนผังบอกตำแหน่งของช่องระบายอากาศเหล่านี้ ไฟลุกไหม้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีทีท่าว่าจะหยุดทั้งความร้อนและแก๊สอันตรายแทรกซึมขึ้นมาตามรอยแยกของพื้นดิน ทำให้ชาวเมืองเซนทรัลเลียได้รับความเดือดร้อนกันถ้วนหน้า จนประชาชนเริ่มอพยพหนีออกไปไม่มีใครรู้ว่าเมื่อไรไฟจะดับลงหมด

จากความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี ลองคิดวิธีการควบคุมเพลิง ลองคิดดูว่า จะเกิดอะไรขึ้นถ้ากำจัดปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่งของสามเหลี่ยมแห่งไฟออกไป อาทิเช่น การแยกเชื้อเพลิงออกจาก

กองไฟ การป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าถึงไฟ หรือการทำให้จุดที่มีเผาไหม้เย็นลง เพื่อให้พลังงานของสารต่าง ๆ มีค่าต่ำลงกว่าพลังงานกระตุ้นของการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว

(ที่มา: David V. Frank, Ph.D. John G. Little และ Steve Miller. (ธีรยุทธ วิไลวัลย์ และวราวุฒิ ตั้งพสุธาดล) สำรวจโลกวิทยาศาสตร์, หน้า 40-41)

1. สิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดไฟไหม้คืออะไรบ้าง (ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

.....

.....

.....

2. เพราะเหตุใด การดับไฟในหม้อทำอาหารจึงมักใช้ฝาครอบปิดหม้อ
(ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่า น้ำช่วยในการดับไฟได้อย่างไร (ด้านการวิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มลภาวะทางแสง

ทำไมเราจึงมองเห็นดาวบนท้องฟ้าเพียงไม่กี่ดวง ในขณะที่เราอยู่ใจกลางเมืองหรืออยู่ใกล้เมืองที่เต็มไปด้วยแสงไฟสว่างไสว แสงรบกวนส่วนใหญ่มาจากโคมไฟตามถนนและป้ายโฆษณา แสงไฟที่มนุษย์เราสร้างขึ้นนี้เป็นอุปสรรคในการสังเกตท้องฟ้าในเวลากลางคืนหรือที่เรียกว่าเป็น มลภาวะทางแสง (Light pollution)

แสงไฟที่มนุษย์เราสร้างขึ้นเป็นสัญลักษณ์แห่งยุคสมัยใหม่ แสงไฟถนนทำให้การจราจรสะดวกและปลอดภัย แสงไฟในอาคารทำให้เราสามารถทำงานต่อได้ในเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังทำให้มนุษย์รู้สึกปลอดภัยขึ้นในขณะที่อยู่ในบ้านหรือเดินตามถนนหนทาง

แสงไฟตามถนนเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดมลภาวะทางแสง อย่างไรก็ตาม ประเภทของโคมไฟนั้นมีส่วนสำคัญในการเพิ่มหรือลดมลภาวะทางแสงได้ โคมไฟตามถนนส่วนใหญ่ใช้หลอดไฟ 3 ชนิด คือ ชนิดที่บรรจุไอปรอท ชนิดที่บรรจุไอโซเดียมที่ความดันสูง และชนิดที่บรรจุไอโซเดียมที่ความดันต่ำ หลอดไฟที่สร้างมลภาวะทางแสงน้อยที่สุดคือ หลอดไฟชนิดไอที่บรรจุไอโซเดียมที่ความดันต่ำ เพราะแสงที่ส่องออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่แคบมาก นักดาราศาสตร์สามารถลดแสงไฟรบกวนจากภายนอกได้ส่วนหนึ่งโดยใช้แผ่นกรองแสงไฟ นอกจากนี้การป้องกันมิให้โคมไฟตามถนนส่องไฟขึ้นไปบนท้องฟ้าหรือไปในบริเวณที่ไม่ต้องการ ยังเป็นการช่วยลดมลภาวะทางแสงได้อีกทางหนึ่ง

หลอดไฟตามถนนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นชนิดที่บรรจุไอปรอท ถึงแม้ว่าหลอดบรรจุไอโซเดียมใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าก็ตาม

การแก้ไขหรือเปลี่ยนประเภทของหลอดไฟดามถนน อาจจำเป็นต้องใช้งบประมาณมาก แต่เป็นการช่วยลดแสงรบกวนที่เกินความต้องการ และการเลือกใช้หลอดไฟที่ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าก็เป็นการประหยัดงบประมาณในที่สุด

(ที่มา: Jay M.Pasachoff, Ph.D. (บุษบา คราเมอร์ และ ฐากูร เกิดแก้ว) สำรวจโลกวิทยาศาสตร์, หน้า 102-103)

1. จากบทความข้างต้น ปัญหาที่ทำให้เกิดมลภาวะทางแสงคือสิ่งใด (ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงบอกวิธีการแก้ปัญหา พร้อมทั้งระบุข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี
(ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

.....

.....

3. ในปัจจุบันบนท้องถนนในประเทศไทยมักจะใช้หลอดไฟชนิดที่บรรจุไอปรอท ในฐานะที่นักเรียนเป็นประชากรที่อาศัยอยู่ในประเทศนี้ นักเรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหามลภาวะทางแสงได้อย่างไร เพราะเหตุใด (ด้านการวิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง แท้หรือเทียม-ปัญหาความหวานที่เลือกยาก

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	3	• การนำไปใช้ไม่ถูกวัตถุประสงค์ คือ สารให้ความหวานเหล่านี้ต้องการนำไปใช้ในอาหารหรือเครื่องดื่มของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยที่ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด แต่คนจำนวนมากนำไปบริโภคเพื่อลดน้ำหนัก
	2	• คนจำนวนมากนำไปบริโภคเพื่อลดน้ำหนัก
	1	• การส่งผลกระทบต่อร่างกายทั้งในระยะสั้นและระยะยาว
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
2	3	• **ข้อดีข้อเสียที่ได้จากบทความ เช่น** **ข้อดีของการใช้ความหวานสังเคราะห์** นำไปใช้ในการประกอบอาหารให้ผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยที่ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือดให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลธรรมชาติ แต่ใช้ปริมาณน้อยกว่า **ข้อเสียของการใช้ความหวานสังเคราะห์** การบริโภคในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เป็นโรคร้ายแรงได้ เช่น โรคมะเร็ง หรือในผู้ที่มีความผิดปกติทางพันธุกรรม แอสพาร์เทมอาจส่งผลในการรบกวนการเจริญเติบโตของร่างกายได้ **ข้อดีของน้ำตาลธรรมชาติ** ปลอดภัยต่อการบริโภคมากกว่าการใช้ความหวานสังเคราะห์ **ข้อเสียของน้ำตาลธรรมชาติ** ถ้าบริโภคมากเกินไป เสี่ยงต่อการมีไขมันส่วนเกิน ฟันผุ และโรคเบาหวานได้ • **ข้อดีด้านอื่น ๆ** • **ข้อเสียด้านอื่น ๆ**

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	2	• **ของการใช้ความหวานสังเคราะห์** ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลธรรมชาติ แต่ใช้ปริมาณน้อยกว่า • **ข้อเสียของการใช้ความหวานสังเคราะห์** การบริโภคในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ • **ข้อดีของน้ำตาลธรรมชาติ** ปลอดภัยต่อการบริโภคมากกว่าการใช้ความหวานสังเคราะห์ • **ข้อเสียของน้ำตาลธรรมชาติ** ถ้าบริโภคมากเกินไป เสี่ยงต่อการเป็นโรค
	1	นักเรียนตอบไม่ครบถ้วนสมบูรณ์
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
3	3	• ไม่ใช้ เพราะการใช้สารให้ความหวานสังเคราะห์ใช้สำหรับประกอบอาหารให้ผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพื่อเพิ่มรสชาติของอาหารและสารนี้ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด
	2	• ไม่ใช้ เพราะใช้สำหรับประกอบอาหารให้ผู้ป่วยโรคเบาหวาน
	1	• ไม่ใช้ เพราะผู้ที่ได้รับสารเหล่านี้ในปริมาณที่มากเกินไปจะเกิดอันตรายต่อร่างกายได้ • ใช้ได้ แต่ให้ใช้ในปริมาณน้อย เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
	0	• ใช้ได้ เพราะไม่ได้ใช้บ่อย ๆ ไม่ถือว่ามากเกินไป • ใช้ได้ เพราะใช้ปริมาณน้อย ๆ ให้ความหวานได้มากกว่า นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด

เรื่อง ทำความรู้จักกับไฟ

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	3	• ปัจจัยสามอย่างที่ทำให้เกิดไฟได้แก่ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน และการได้รับพลังงานกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ เช่น การจุดไม้ขีด ประกายไฟฟ้าจากฟ้าผ่า เป็นต้น
	2	• สารที่เป็นเชื้อเพลิง ควันและก๊าซพิษอื่น ๆ และเมื่อมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ หรือเมื่อมีสารเคมีบางชนิดอยู่ด้วย
	1	• การจุดไม้ขีด ประกายไฟฟ้าจากฟ้าผ่า เป็นต้น บริเวณที่อันตรายที่จะเกิดไฟไหม้ได้
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
2	3	• เพราะการครอบปิดหม้อ เป็นการกำจัดปัจจัยที่ทำให้เกิดไฟ คือ ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนลดลง จะส่งผลให้ไฟดับลงได้
	2	• เพราะการครอบฝาหม้อ จะทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง
	1	• เพราะการครอบฝาหม้อ จะทำให้อากาศลดลง
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
3	3	• เป็นการกำจัดปัจจัยที่ทำให้เกิดไฟ คือ การใช้น้ำพ่นเข้าสู่กองเพลิงนั้น จะป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าถึงกองเพลิงได้ และทำให้จุดที่มีการเผาไหม้เย็นลง รวมไปถึงการทำให้พลังงานของสารของสารต่าง ๆ มีค่าต่ำลงกว่าพลังงานกระตุ้นของการเกิดปฏิกิริยา
	2	• เป็นการกำจัดปัจจัยที่ทำให้เกิดไฟ คือ การใช้น้ำพ่นเข้าสู่กองเพลิงนั้น จะป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าถึงกองเพลิงได้
	1	• การใช้น้ำพ่นเข้าสู่กองเพลิงนั้น ทำให้จุดที่มีการเผาไหม้เย็นลง
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด

เรื่อง มลภาวะทางแสง

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	3	• แสงรบกวนมาจากโคมไฟตามถนนและป้ายโฆษณา ซึ่งเป็นแสงไฟที่มนุษย์เราสร้างขึ้น
	2	• โคมไฟตามถนนทางเดินบนท้องถนนหนทาง
	1	• แสงไฟที่มนุษย์สร้างขึ้น
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
2	3	• การเลือกใช้หลอดไฟชนิดไอที่บรรจุไอโซเดียมที่ความดันต่ำ ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า แต่การเปลี่ยนประเภทของหลอดไฟนั้น อาจจะต้องสิ้นเปลืองงบประมาณในการเปลี่ยนหลอดไฟทั้งหมด • ป้องกันด้วยการมิให้โคมไฟตามถนนส่องไฟขึ้นไปบน ท้องฟ้า หรือในบริเวณที่ไม่ต้องการ แต่อาจเป็นไปได้ยากและ**ะแก้ปัญหา**แค่เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น
	2	นักเรียนตอบไม่ครบทั้ง 3 วิธี แต่มีการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี
	1	นักเรียนไม่เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
3	3	• **นักเรียนแสดงมีแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยความรู้จากบทความ** • การเปลี่ยนประเภทของหลอดไฟ โดยเลือกใช้หลอดไฟชนิดไอที่บรรจุไอโซเดียมที่ความดันต่ำ เพราะเป็นการลดมลภาวะทางแสงที่ควบคู่กับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากมีการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อยลง อาจจะต้องสิ้นเปลืองงบประมาณในการเปลี่ยนหลอดไฟทั้งหมด แต่การเปลี่ยนแปลงนี้ลงทุนครั้งเดียวแต่ส่งผลระยะยาว • การใช้แผ่นกรองแสงไฟ เพราะการเปลี่ยนหลอดไฟ อาจจะทำได้ยากและสิ้นเปลืองงบประมาณ ถ้าใช้แผ่นกรองแสงไฟอาจจะประหยัดมากกว่า ถึงแม้จะแก้ปัญหาแค่เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	2	• การเปลี่ยนประเภทของหลอดไฟ โดยเลือกใช้หลอดไฟชนิดไอที่บรรจุไอโซเดียมที่ความดันต่ำ เพราะการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อยลง • การใช้แผ่นกรองแสงไฟ เพราะการเปลี่ยนหลอดไฟอาจจะกระทำได้ยากและสิ้นเปลืองงบประมาณ • นักเรียนแสดงแนวทางแก้ปัญหาอื่น ๆ และให้เหตุผลที่สอดคล้องกัน
	1	นักเรียนแสดงแนวทาง แต่ให้เหตุผลประกอบไม่สอดคล้องกัน
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด

แบบทดสอบการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้เพื่อวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่นำไปใช้วิเคราะห์สถานการณ์ ทำนายผล หรือแก้ปัญหาที่กำหนดให้

2. แบบทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 6 ข้อ โดยในแต่ละข้อจะให้สถานการณ์ปัญหา ซึ่งอาจมีคำอธิบายประกอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา ซึ่งรูปแบบการตอบมีแบบเขียนตอบพร้อมอธิบายเหตุผลในการตอบข้อนั้น

3. การตอบคำถามในแต่ละข้อ ให้นักเรียนเขียนตอบ โดยใช้ความรู้เดิมหรือความรู้ที่ได้จากบทความและสถานการณ์ พร้อมทั้งระบุเหตุผลนั้น บนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จุดเดือดและความดันอากาศ

จุดเดือดขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกอย่างหนึ่งคือ ความดันอากาศของอากาศเหนือของเหลว ยิ่งความดันของอากาศเหนือของเหลวน้อยเท่าไร พลังงานที่โมเลกุลน้ำต้องการเพื่อฟุ้งออกสู่อากาศก็ยิ่งน้อยเท่านั้น ยิ่งถ้าเดินทางไปยังที่ที่สูงมากเท่าไร ความดันอากาศก็ยิ่งน้อยเท่านั้น ที่ความดันอากาศระดับน้ำทะเล จุดเดือดของน้ำจะมีค่าประมาณ 100°C บนภูเขาความดันอากาศจะต่ำกว่า และจุดเดือดของน้ำก็จะต่ำกว่าเช่นกัน

(ที่มา: David V. Frank, Ph.D. John G. Little และ Steve Miller. (ธีรยุทธ วิไลวัลย์ และ วราวุฒิ ตั้งพสุธาดล) สำรวจโลกวิทยาศาสตร์, หน้า 65-66)

จากข้อความข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เพราะเหตุใด การต้มน้ำบนภูเขาสูง จุดเดือดของน้ำจึงมีค่าต่ำกว่า 100°C

(การให้เหตุผลแบบนิรนัย)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ร้านอาหารแห่งหนึ่งตั้งอยู่บนภูเขาสูง 1,600 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล พ่อครัวร้านอาหารนี้ พบว่าสูตรอาหารที่ต้องใช้น้ำเดือด ใช้เวลาในการทำอาหารนานมาก นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด

(การให้เหตุผลแบบอุปนัย)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลของตัวถูกละลายในสารละลาย

นักเรียนเคยทำไอศกรีมเองหรือไม่ ขั้นตอนการทำเริ่มด้วยการผสมครีม น้ำตาลกับส่วนผสมอื่น ๆ จากนั้นให้นำส่วนผสมที่ได้ไปแช่ในน้ำผสมน้ำแข็ง แต่ถ้าใช้น้ำแข็งเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิจะเย็นไม่เพียงพอที่จะทำให้ไอศกรีมแข็งตัว ส่วนที่เป็นครีมจะแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (0^0C) ดังนั้น จึงต้องเติมเกลือลงไปในน้ำแข็งเพื่อทำให้อุณหภูมิลดลงอีก น้ำแข็งผสมเกลือมีความเย็นเพียงพอที่จะทำให้ไอศกรีมแข็งตัวได้

เกลือยังมีผลต่อการเดือดอีกด้วย การลวกเส้นสปาเก็ตตี้ เรามักจะเติมเกลือลงไปในน้ำที่ใช้ต้ม เพราะเกลือจะทำให้น้ำเดือดที่สูงกว่าจุดเดือดปกติของน้ำที่ 100^0C ถ้าเราเติมเกลือปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ อุณหภูมิของน้ำเดือดจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 องศา ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้เส้นสปาเก็ตตี้สุกเร็วขึ้น

เมื่อน้ำในสถานะของเหลวแข็งตัว โมเลกุลของน้ำจะหยุดการเคลื่อนที่ เกิดเป็นผลึกของน้ำแข็ง ในน้ำบริสุทธิ์จะมีเพียงโมเลกุลของน้ำเท่านั้น แต่ในน้ำเกลือจะมีอนุภาคของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นและอยู่ปะปนกับอนุภาคของน้ำ ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำจับกันเป็นผลึกได้ยากขึ้น อุณหภูมิจะต้องลดต่ำลงกว่า 0^0C จึงเกิดเป็นผลึกของแข็งขึ้น

โมเลกุลในสถานะของเหลวจะเคลื่อนที่ไปมาในระยะใกล้เคียงกัน แต่โมเลกุลในสถานะแก๊สจะอยู่ไกลกันและเคลื่อนที่ได้รวดเร็วกว่ามาก เมื่ออุณหภูมิของของเหลวเพิ่มขึ้น โมเลกุลจะมีพลังงานมากขึ้นจนหลุดเป็นอิสระจากโมเลกุลอื่น ๆ ขึ้นสู่อากาศ ในน้ำบริสุทธิ์โมเลกุลทุกโมเลกุลก็คือน้ำ แต่ในสารละลายจะมีทั้งโมเลกุลของน้ำและของตัวถูกละลาย อนุภาคของตัวทำละลายทำให้โมเลกุลของน้ำหลุดออกไปได้ยากขึ้น ดังนั้นจึงต้องใช้พลังงานสูงขึ้น อุณหภูมิต้องสูงกว่า 100^0C น้ำจึงจะเดือดได้

(ที่มา: David V. Frank, Ph.D. John G. Little และ Steve Miller. (ธีรยุทธ วิไลวัลย์ และวราวุฒิ ตั้งพสุธาดล) สำรวจโลกวิทยาศาสตร์, หน้า 86-87)

1. ในประเทศที่มีหิมะตกมาก ๆ จนถนนกลายเป็นน้ำแข็ง มักจะทำการโรยเกลือบนถนนที่มีหิมะนั้น เพื่อทำให้หิมะละลาย นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด (การให้เหตุผลแบบนิรนัย)

.....

.....

.....

.....

2. ทำไมน้ำในทะเลสาบน้ำจืดจึงแข็งตัวง่ายกว่าน้ำในทะเล (การให้เหตุผลแบบอุปนัย)

.....

.....

.....

สมบัติเฉพาะของสสาร

ถ้านักเรียนนำน้ำใส่กระทะแล้วเปิดไฟต้ม ในไม่ช้าน้ำนั้นจะเริ่มเดือด ซึ่งน้ำจะเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าจะทำการทดลองซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ก็จะพบว่า น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิเดิม แต่ถ้าลองต้มของเหลวชนิดอื่น น้ำมันพืชหรือเนยเทียม จะพบว่าของเหลวอื่นจะเดือดที่อุณหภูมิต่างจากน้ำมาก

เมื่อนำก้อนน้ำแข็งจากถาดในช่องแช่แข็งซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ -10 องศาเซลเซียส ออกมาไว้ในห้องครัวที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก้อนน้ำแข็งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส ก้อนน้ำแข็งจะเริ่มละลาย อุณหภูมิที่ของแข็งละลายนั้นถือเป็นสมบัติเฉพาะตัวชนิดหนึ่งของสสาร

(ที่มา: Jan Jenner. (กฤษชัย พูลเจริญ) สำรวจโลกวิทยาศาสตร์, หน้า 15-16)

1. จากข้อความข้างต้น สมบัติเฉพาะของสสาร คือ จุดเดือดและจุดหลอมเหลว เพราะเหตุใดเป็นเช่นนั้น (การให้เหตุผลแบบนิรนัย)

.....

.....

.....

.....

2. ถ้ามีของแข็งชนิดหนึ่งที่หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นักเรียนคิดว่าของแข็งชนิดนี้คือ น้ำ ใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด (การให้เหตุผลแบบอุปนัย)

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง จุดเดือดและความดันอากาศ

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	3	• เพราะจุดเดือดและความดันอากาศแปรผันตรงกัน • เพราะจุดเดือดสูง เมื่อความดันอากาศมาก แต่ถ้าความดันอากาศต่ำ จุดเดือดก็จะต่ำ
	2	• เพราะจุดเดือดสูง ความดันอากาศมาก ความดันอากาศต่ำ จุดเดือดต่ำ
	1	นักเรียนตอบคำถามไม่แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ชัดเจน
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
2	3	• เพราะที่ตั้งของร้านอาหารอยู่บนภูเขาที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเล มีความดันอากาศต่ำ ซึ่งจุดเดือดของน้ำก็จะต่ำเช่นกัน ดังนั้นจุดเดือดของน้ำจะต่ำกว่า 100 ^{0}C อาหารที่ต้องใช้น้ำเดือดจึงต้องใช้เวลานานกว่าจุดเดือดของน้ำที่อยู่ที่ความดันอากาศที่ระดับน้ำทะเล
	2	• เพราะความดันอากาศต่ำ จุดเดือดของน้ำก็จะต่ำเช่นกัน ดังนั้นจุดเดือดของน้ำจะต่ำกว่า 100 ^{0}C
	1	• เพราะอาหารไม่สุกที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด

เรื่อง ผลของตัวถูกละลายในสารละลาย

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	3	• เพราะการโรยเกลือจะทำให้จุดเยือกแข็งที่ต่ำลง คือ ในน้ำเกลือจะมีอนุภาคของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นและอยู่ปะปนกับอนุภาคของน้ำ ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำจับกันเป็นผลึกได้ยากขึ้น อุณหภูมิจะต้องลดต่ำลงกว่า $0^{0}C$ จึงจะเกิดเป็นผลึกของแข็งได้
	2	• เพราะการโรยเกลือจะทำให้จุดเยือกแข็งที่ต่ำลง คือ ในน้ำเกลือจะมีอนุภาคของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นและอยู่ปะปนกับอนุภาคของน้ำ ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำจับกันเป็นผลึกได้ยากขึ้น
	1	• เพราะการโรยเกลือจะทำให้จุดเยือกแข็งที่ต่ำลง
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
2	3	• เพราะน้ำในทะเลสาบน้ำจืด มีเพียงโมเลกุลของน้ำเท่านั้น เมื่อโมเลกุลของน้ำจะหยุดการเคลื่อนที่ก็เกิดสถานะของเหลวแข็งตัว แต่น้ำในทะเล มีน้ำเกลือที่มีอนุภาคของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นและอยู่ปะปนกับอนุภาคของน้ำ ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำจับกันเป็นผลึกได้ยากขึ้น อุณหภูมิจะต้องลดต่ำลงกว่า $0^{0}C$ จึงจะเกิดเป็นผลึกของแข็งได้
	2	• เพราะน้ำในทะเลสาบน้ำจืด มีเพียงโมเลกุลของน้ำเท่านั้น แต่น้ำในทะเล มีน้ำเกลืออยู่ปะปนกับอนุภาคของน้ำ เกิดเป็นผลึกของแข็งได้ยาก
	1	• เพราะน้ำในทะเลสาบน้ำจืด ไม่มีน้ำเกลือปนอยู่กับอนุภาคของน้ำ
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด

เรื่อง สมบัติเฉพาะของสาร

ข้อที่	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	3	• จุดเดือดและจุดหลอมเหลว เพราะน้ำจะเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งทำการทดลองซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ก็ยังพบว่าน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิเดิม แต่ถ้าลองต้มของเหลวชนิดอื่นจะพบว่าของเหลวอื่นจะเดือดที่อุณหภูมิอื่น และก้อนน้ำแข็งจะเริ่มละลายที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ของแข็งละลายนั้น ถือเป็นสมบัติเฉพาะตัวชนิดหนึ่งของสสาร
	2	• จุดเดือดและจุดหลอมเหลว เพราะการเดือดและการหลอมเหลวของน้ำ จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ถ้าลองต้มของเหลวชนิดอื่น จะพบว่าของเหลวอื่นนั้น จะเดือดที่อุณหภูมิต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับของแข็งชนิดอื่นที่จะละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน
	1	• การเดือดและการหลอมเหลว เพราะการเดือดและการหลอมเหลวของน้ำ จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด
2	3	• ไม่ใช่ เพราะสารบางชนิดอาจจะมีจุดหลอมเหลวที่ 0 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับน้ำ ดังนั้น ถ้าของแข็งชนิดนี้ มีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียสด้วย อาจสรุปว่าเป็นน้ำได้
	2	• ไม่ใช่ เพราะสารบางชนิดอาจจะมีจุดหลอมเหลวที่ 0 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับน้ำ
	1	• ไม่ใช่ เพราะถ้าของแข็งชนิดนี้ อาจไม่มีจุดหลอมเหลวที่ 0 องศาเซลเซียส
	0	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบผิด

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ก่อนเรียนและหลังเรียน

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน เรื่องพันธะไอออนิก

เมื่อธาตุโลหะเกิดการสร้างพันธะกับธาตุอโลหะ ธาตุโลหะจะเสียอิเล็กตรอนให้แก่ธาตุอโลหะ ทำให้ธาตุโลหะ เกิดเป็นไอออนบวก และธาตุอโลหะเกิดเป็นไอออนลบ ส่งผลให้เกิดแรงดึงดูดกันทางไฟฟ้า เกิดเป็นพันธะไอออนิกขึ้น จากข้อความข้างต้นมีความสัมพันธ์กับข้อใดต่อไปนี้

ก. ธาตุโลหะมีขนาดอะตอมเล็กกว่าธาตุอโลหะจึงเสียอิเล็กตรอนง่ายกว่าธาตุอโลหะ

ข. ธาตุอโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงรับอิเล็กตรอนจากธาตุโลหะได้

ค. ธาตุโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุอโลหะ

ง. ธาตุโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) สูง จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุอโลหะ

เพราะเหตุใด.....

.....

หลังเรียน

เมื่อธาตุโลหะเกิดการสร้างพันธะกับธาตุอโลหะ ธาตุโลหะจะเสียอิเล็กตรอนให้แก่ธาตุอโลหะ ทำให้ธาตุโลหะ เกิดเป็นไอออนบวก และธาตุอโลหะเกิดเป็นไอออนลบ ส่งผลให้เกิดแรงดึงดูดกันทางไฟฟ้า เกิดเป็นพันธะไอออนิกขึ้น จากข้อความข้างต้นมีความสัมพันธ์กับข้อใดต่อไปนี้

ก. ธาตุโลหะมีขนาดอะตอมเล็กกว่าธาตุอโลหะจึงเสียอิเล็กตรอนง่ายกว่าธาตุอโลหะ

ข. ธาตุอโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงรับอิเล็กตรอนจากธาตุโลหะได้

ค. ธาตุโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ต่ำ จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุอโลหะ

ง ธาตุโลหะมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) สูง จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุอโลหะ

เพราะเหตุใด ธาตุโลหะมีพลังงาน IE ต่ำ จึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุอโลหะ ทำให้ธาตุโลหะ เกิดเป็นไอออนบวก และอโลหะเป็นลบ ทำให้เกิดแรงดึงดูดกัน เกิดเป็นพันธะไอออนิก

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน เรื่องพันธะไอออนิก

ข้อใดเรียกชื่อสารประกอบได้ถูกต้อง

ก. $BaSO_4$ อ่านว่า แบเรียมซัลเฟอร์ออกไซด์ ข. $CaBr_2$ อ่านว่า แคลเซียมโบรไมด์

ค. NH_4Cl อ่านว่า แอมโมเนียมคลอรีน ง. CaO อ่านว่า แคลเซียมออกซิไดซ์

เพราะเหตุใด.....

.....

หลังเรียน

ข้อใดเรียกชื่อสารประกอบได้ถูกต้อง

ก. $BaSO_4$ อ่านว่า แบเรียมซัลเฟอร์ออกไซด์ ข. $CaBr_2$ อ่านว่า แคลเซียมโบรไมด์

ค. NH_4Cl อ่านว่า แอมโมเนียมคลอรีน ง. CaO อ่านว่า แคลเซียมออกซิไดซ์

เพราะเหตุใด.....

.....

.....

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน เรื่อง พันธะไอออนิก

AB เป็นสารประกอบไอออนิก ประกอบด้วยธาตุ A กับธาตุ B ปฏิกิริยาข้อใดที่เกิดการคาย พลังงานเพื่อเกิดผลึกไอออนิกของ AB ที่เรียกว่า พลังงานแลตทิซ

ก. $A^+(aq) + B^-(aq) \longrightarrow AB(s)$ ข. $A^+(g) + B^-(g) \longrightarrow AB(s)$

ค. $A(g) + B(g) \longrightarrow AB(s)$ ง. $A(s) + B(l) \longrightarrow AB(s)$

เพราะเหตุใด.....

.....

หลังเรียน

AB เป็นสารประกอบไอออนิก ประกอบด้วยธาตุ A กับธาตุ B ปฏิกิริยาข้อใดที่เกิดการคาย พลังงานเพื่อเกิดผลึกไอออนิกของ AB ที่เรียกว่า พลังงานแลตทิซ

ก. $A^+(aq) + B^-(aq) \longrightarrow AB(s)$ ข. $A^+(g) + B^-(g) \longrightarrow AB(s)$

ค. $A(g) + B(g) \longrightarrow AB(s)$ ง. $A(s) + B(l) \longrightarrow AB(s)$

เพราะเหตุใด.....

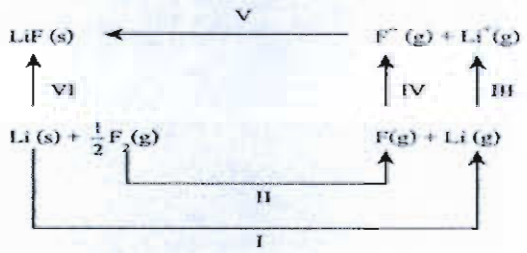
.....

.....

๑ พิจารณาแผนภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน เรื่องพันธะไอออนิก

ถ้า I, II, III, IV, V และ VI เป็นขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเตรียม LiF จาก Li (s) และ $F_2(g)$ ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน



ก. I, II และ III คายความร้อน IV, V และ VI ดูดความร้อน

ข. II, IV คายความร้อน I, III และ V ดูดความร้อน

ค. I, IV และ V คายความร้อน III และ VI ดูดความร้อน

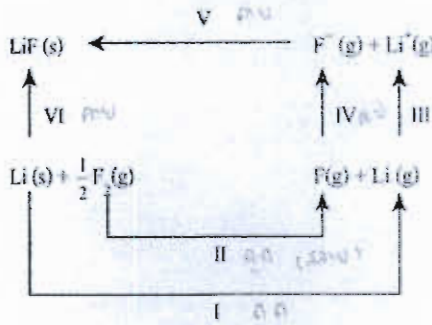
ง. IV, V และ VI คายความร้อน I, III และ II ดูดความร้อน

เพราะเหตุใด.....

.....

หลังเรียน

ถ้า I, II, III, IV, V และ VI เป็นขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเตรียม LiF จาก Li (s) และ $F_2(g)$ ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน



ก. I, II และ III คายความร้อน IV, V และ VI ดูดความร้อน

ข. II, IV คายความร้อน I, III และ V ดูดความร้อน

ค. I, IV และ V คายความร้อน III และ VI ดูดความร้อน

ง. IV, V และ VI คายความร้อน I, III และ II ดูดความร้อน

เพราะเหตุใด.....

.....