ผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายเมธิน อินทรประสิทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF THE PREDICT-DISCUSS-EXPLAIN-OBSERVE-DISCUSS-EXPLAIN TEACHING STRATEGY ON CHEMISTRY CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Methin Intaraprasit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายเมธิน อินทรประสิทธิ์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.วิภาค อนุตรศักดา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร.วิภาค อนุตรศักดา)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

เมธิน อินทรประสิทธิ์ : ผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF THE PREDICT-DISCUSS-EXPLAIN-OBSERVE-DISCUSS-EXPLAIN TEACHING STRATEGY ON CHEMISTRY CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.วิภาค อนุตรศักดา, 128 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย 2) เปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์เคมีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย 4) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย กลุ่มทดลองในการวิจัย คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 ซึ่งศึกษาในภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2559 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี และแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบทีประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ คิดเป็นจำนวนนักเรียนร้อยละ 79.59, 97.96 และ 93.88 ตามลำดับ โดยเมื่อจำแนกตามพฤติกรรมของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในพฤติกรรมด้านการให้เหตุผลเชิงลึกและการถ่ายโอนความรู้

2) นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกหน่วยการเรียนรู้

3) นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 70.02 จัดอยู่ในระดับดี และเมื่อจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจคิดเป็นร้อยละ 80.27 จัดอยู่ในระดับดีมาก

4) นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคลพบว่านักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย ช่วยให้สามารถจดจำเนื้อหาที่เรียนได้ยาวนานขึ้น

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา 2558	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5783447627 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: THE PREDICT-DISCUSS-EXPLAIN-OBSERVE-DISCUSS-EXPLAIN TEACHING STRATEGY / CHEMISTRY CONCEPTUAL UNDERSTANDING / CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT

METHIN INTARAPRASIT: EFFECTS OF THE PREDICT-DISCUSS-EXPLAIN-OBSERVE-DISCUSS-EXPLAIN TEACHING STRATEGY ON CHEMISTRY CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SAIROONG SAOWSUPA, Ph.D., CO-ADVISOR: WIPARK ANUTRASAKDA, Ph.D., 128 pp.

This study was a pre-experimental research. The purposes of this study were to 1) study students' conceptual understanding in chemistry after learning through the predict-discuss-explain-observe-discuss-explain teaching strategy, 2) compare conceptual understanding in chemistry of students before and after learning through the predict-discuss-explain-observe-discuss-explain teaching strategy, 3) study learning achievement in chemistry after learning through the predict-discuss-explain-observe-discuss-explain teaching strategy, 4) compare learning achievement in chemistry of students before and after learning through the predict-discuss-explain-observe-discuss-explain teaching strategy. The experimental group was one of eleventh grade class at extraordinary school in the secondary educational service area office 1 in Bangkok in the first semester of academic year 2016. The research instruments were chemistry conceptual understanding tests and chemistry learning achievement test. The collected data were analyzed by arithmetic mean, means of percentage, standard deviation, t-test, and qualitative analysis.

The research findings were as follows:

1) The percentage of upper secondary school students having the mean score of chemistry conceptual understanding at pass level after learning unit 1 the study of reaction rate, unit 2 chemical reactions and unit 3 factors affecting chemical reaction rate was 79.59, 97.96 and 93.88 respectively. Classifying each behavior of chemistry conceptual understanding, the students' depth and transfer behaviors were significantly developed.

2) The mean score of chemistry conceptual understanding after the experiment higher than before experiment at .05 level of significance in all units of the lesson.

3) The mean score of chemistry learning achievement was 70.04 percent, good level. When classifying each behavior of chemistry learning achievement, the mean score of students' understanding was 80.27 percent, very good level.

4) The mean score of chemistry learning achievement after the experiment was higher than before experiment at .05 level of significance.

In addition, the qualitative analysis from interviewing individual students revealed that the predict-discuss-explain-observe-discuss-explain teaching strategy can promote the long-term memory.

Department: Curriculum and Instruction
Field of Study: Science Education
Academic Year: 2015

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุลวงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.วิภาค อนุตรศักดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ด้วยการอบรมสั่งสอนให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการประกอบวิชาชีพครูในอนาคตข้าพเจ้าเกิดความตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย และอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ความห่วงใย และความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัยตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 507 ปีการศึกษา 2559 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้องสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ได้ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและสมาชิกในครอบครัวที่ให้ความรัก ความห่วงใย พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาและสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกด้าน

อนึ่ง ในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ข้าพเจ้าได้รับทุนในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ประจำปีการศึกษา 2557 ตลอดหลักสูตร จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามวิจัย 7

วัตถุประสงค์ 8

สมมติฐานการวิจัย 8

ขอบเขตของการวิจัย 10

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

1. ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี 14

1.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางเคมี 14

1.2 ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี 20

1.3 แนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ 22

1.4 แนวทางในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ 25

1.5 แนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี 29

2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี 34

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2 แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี 35
3. กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (PDEODE) 40
3.1 ความสำคัญและความเป็นมา 40
3.2 ขั้นตอนของกลวิธีการสอน PDEODE 44
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 45
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์เคมี 45
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี 46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48
1. รูปแบบการวิจัย 48
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มทดลอง 49
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 61
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 76
รายการอ้างอิง 84
ภาคผนวก 91
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 92
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 94
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 107
ภาคผนวก ง กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน 121
ภาคผนวก จ ตัวอย่างภาพกิจกรรม 126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 128

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ขอบเขตการศึกษาด้านต่างๆ โดยเปรียบเทียบระหว่างระดับมหภาคและจุลภาค 19

ตารางที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจำนวนคาบเรียนตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ 51

ตารางที่ 3 ขั้นตอนของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย 52

ตารางที่ 4 วิเคราะห์พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละหน่วยการเรียนและเนื้อหาที่ใช้ในการวัด.. 55

ตารางที่ 5 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 57

ตารางที่ 6 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี..... 59

ตารางที่ 7 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีการสอน PDEODE..... 62

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) 64

ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในระดับต่างๆ ตามเกณฑ์ประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ (n = 49)..... 66

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของนักเรียนหลังเรียนที่ได้ระดับคะแนนตามเกณฑ์การประเมินของ Holme et al. (2015) (แสดงในภาคผนวก ค) ในแต่ละพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี..... 66

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับการประเมินหลังเรียน และค่าที (t-test) ของคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 67

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบคะแนนในแต่ละพฤติกรรมของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองในแต่ละหน่วยการเรียนรู้..... 68

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์เนื้อหาการตอบคำถามเพื่อแสดงความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำแนกตามระดับคะแนน (รายละเอียดของข้อคำถามแสดงในภาคผนวก ค แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี)..... 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับความสามารถหลังเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) และค่าที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 74

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับการประเมินหลังเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) และค่าที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน 75

ตารางที่ 16 เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนทัศน์เคมี (ปรับจาก Holme et al. (2015)) 120

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 Information processing model ประยุกต์มาจาก Mayer (1999) and Johnstone (1997) โดย Savander-Ranne and Kolari (2003)..... 42

แผนภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอนเพื่อการเปลี่ยนมโนทัศน์กับกลวิธีการสอน PDEODE (Cos¸tu et al., 2012)..... 43

แผนภาพที่ 3 รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One-Group Pretest-Posttest Design).... 48

แผนภาพที่ 4 ร้อยละคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีที่ได้แต่ละพฤติกรรมก่อนและหลังเรียนในหน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วย..... 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาให้ประชาชนทุกคนในประเทศมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการดำรงชีวิต การสร้างความรู้ความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและนำไปสู่ผลสำเร็จในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน (Sustainable development) และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Greener societies) เพื่อที่จะพัฒนาประเทศให้เกิดความยั่งยืนนั้น เป็นเรื่องที่ยากถ้าหากขาดความร่วมมือกับประเทศอื่นๆ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ไม่มีประเทศใดที่สามารถประสบความสำเร็จในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนได้ด้วยตนเอง ถ้าขาดการร่วมมือทางวิทยาศาสตร์ (Scientific cooperation) วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งซึ่งเชื่อมโยงความเข้าใจของประชาชนให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีส่วนสำคัญในการสร้างสังคมที่ผู้คนมีความรู้ความเข้าใจเพียงพอในการดำรงชีวิต ช่วยกระตุ้นการศึกษาและการค้นพบสิ่งใหม่ๆ ตลอดจนการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับธรรมชาติให้อยู่บนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัยซึ่งจะนำไปสู่การจัดการกับทรัพยากรธรรมชาติของโลกเพื่ออนาคตที่สงบสุขและยั่งยืน (UNESCO, 2014) ทั้งนี้เป้าหมายสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่เป็นการสร้างนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่เท่านั้น การศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจะช่วยให้สามารถเผชิญกับเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ แหล่งพลังงาน แหล่งผลิตอาหารตลอดจนการตัดต่อพันธุกรรมซึ่งล้วนแต่เป็นพื้นฐานที่ประชาชนจำเป็นจะต้องรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เพื่อใช้ในการตัดสินใจได้อย่างชาญฉลาดและสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wiemen, 2008) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีการแข่งขันกันสูงทั้งในด้านการศึกษา อาชีพ เศรษฐกิจ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเตรียมคนรุ่นใหม่ให้มีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนี้ โดยในโลกยุคที่มีการแข่งขันสูงการศึกษาวิทยาศาสตร์จึง

นับเป็นปัจจัยลำดับต้นๆ ที่ควรได้รับการพัฒนา ในการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพสามารถช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของเยาวชนได้ เช่น พัฒนาทักษะการคิดระดับสูง การแก้ปัญหา รวมทั้งการสื่อสารและความร่วมมือโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าจัดการเรียนรู้ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งส่งเสริมให้มีการฝึกปฏิบัติด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อาจกล่าวได้ว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพมีความสำคัญอย่างมากในการช่วยเพิ่มทักษะในศตวรรษที่ 21 (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2556)

สำหรับวิทยาศาสตร์ในบริบทของประเทศไทยนั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมีวิสัยทัศน์สำคัญคือ การมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นไทยและเป็นพลโลกยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ ทั้งนี้หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานได้กำหนดสาระการเรียนรู้ของวิทยาศาสตร์ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้ อันประกอบด้วย การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งสาระการเรียนรู้เหล่านี้ จะทำให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการคือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ก)

จากผลการประเมินในระดับนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น การประเมินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเทียบกับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS) ซึ่งเป็นโครงการที่สมาคมนานาชาติประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาโดยดำเนินการร่วมกับประเทศสมาชิกเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (Grade 4) และมัธยมศึกษาปีที่ 2 (Grade 8) โดยจัดประเมิน

ทุก 4 ปี จากผลการประเมินในปี ค.ศ. 2007 และ ปี ค.ศ. 2011 พบว่านักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ของประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ย 471 และ 451 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ในปีล่าสุดคือ ปี ค.ศ. 2011 ผลคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวยังต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยในระดับนานาชาติ คือ 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) สอดคล้องกับผลการประเมินของ PISA ที่เป็นโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment) โดย ประเมินกลุ่มเยาวชนที่มีอายุ 15 ปี เมื่อจบการศึกษาภาคบังคับ โดยจัดการประเมินทุก 4 ปี ซึ่ง จากผลการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ. 2000, 2003, 2006, 2009 และ 2012 พบว่าการประเมินในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่านานาชาติทุกปี โดยได้คะแนน 421 432 429 425 และ 444 ตามลำดับ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ระดับคะแนนมีการพัฒนาขึ้นในแต่ละปี แต่ยังคงต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

จากผลการประเมินระดับนานาชาติในข้างต้น ยังสอดคล้องกับผลการประเมินการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ภายในประเทศ โดยจากการประเมินคุณภาพการศึกษาของนักเรียนในระดับชาติโดยพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) พบว่าในวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปีการศึกษา 2555 ถึง 2558 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 33.10, 30.48, 32.54 และ 33.40 ตามลำดับ ทั้งนี้แม้ว่าแนวโน้มของคะแนนเพิ่มสูงขึ้นแต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2558ก) โดยผลคะแนนที่ได้ยังสอดคล้องกับผลคะแนนการทดสอบรายวิชาสามัญ 9 วิชา ซึ่งเป็นการจัดสอบเพื่อนำผลคะแนนไปใช้ในการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาระบบรับตรง ในปีการศึกษา 2558 เมื่อพิจารณาในรายวิชาฟิสิกส์ เคมี และ ชีววิทยา ซึ่งเป็นแขนงวิชาวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.73, 31.16 และ 29.05 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้ง 3 รายวิชา ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 เช่นเดียวกัน (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2558ข)

จากการพิจารณาผลการประเมินคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับชาติ และในระดับนานาชาติแสดงให้เห็นว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังไม่เอื้ออำนวยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดี ในระดับผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยจากการสะท้อนปัญหา

ปรากฏการณ์ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทยโดย ทอม คอร์คอแรน พบว่า หนึ่งในปัญหาของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยมีลักษณะสำคัญ คือ นักเรียนเน้นการเรียนด้วยการท่องจำเนื้อหาเป็นหลัก และขาดการทำความเข้าใจในเนื้อหา ตลอดจนเนื้อหาที่เรียนเน้นสาระวิชามากเกินไป จนทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้ทำความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหาที่เรียน (สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน, 2555)

การพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีหลายประเภท ได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ กฎ หลักการ และทฤษฎี หนึ่งในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดจำแนกประเภทข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบ (Bass, Contant, & Carin, 2009) สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปรากกฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างมีเหตุผล (Klopfer, 1971) ตลอดจนสามารถรวบรวมข้อมูลต่างๆ และลงข้อสรุปเกิดเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับชุมชนวิทยาศาสตร์ (Jones, 1990) ซึ่งนำไปสู่การเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดการเรียนรู้เกิดการสร้างความรู้ภายในตัวของผู้เรียน (Jacobson, 1990)

เมื่อพิจารณามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีซึ่งเป็นวิชาแขนงหนึ่งในวิทยาศาสตร์ งานวิจัยของ Gabel (1994) แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจในมโนทัศน์สำคัญทางเคมี นักเรียนมักตอบคำถามทางเคมีผ่านการท่องจำหรือใช้การคำนวณที่มีวิธีการทำอย่างเป็นขั้นตอนโดยขาดความสามารถที่จะแสดงเหตุผลของการตอบได้อย่างลึกซึ้ง (Costu, 2007; Cracolice, Deming, & Ehlert, 2008; Stamovlasis, Tsaparlis, Kamilatos, Papaoikonomou, & Zarotiadou, 2005)

ในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์เคมี Holme, Luxford, and Brandriet (2015) ได้พัฒนาพฤติกรรมบ่งชี้โดยรวบรวมลักษณะสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีผ่านการสอบถามจากผู้สอนรายวิชาเคมีซึ่งพบว่าลักษณะของผู้เรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีต้องสามารถที่จะถ่ายโอนความรู้ ให้เหตุผลเชิงลึก ทำนายสถานการณ์หรือระบบต่างๆ แก้ปัญหา และแปลความหมายผ่านระดับต่างๆ ได้ในทางเคมี ซึ่งได้แก่ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ ซึ่งแนวทางในการประเมินดังกล่าว สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความเข้าใจมโนทัศน์เคมีของผู้เรียนต่อไป

จากงานวิจัยของ Cachapuz and Maskill (1987) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์เคมี พบว่า มโนทัศน์ในบทเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นมโนทัศน์ที่มีความเป็นนามธรรม และยังเป็นมโนทัศน์พื้นฐานในการศึกษาบทเรียนอื่นๆ เช่น สมดุลเคมี แม้ว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีอยู่อย่างกว้างขวาง แต่นักเรียนยังมีความเข้าใจโนทัศน์ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาอยู่อย่างจำกัด (Kaya, 2011) ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการเรียนในบทเรียนอื่นๆ ทั้งนี้ในการทำความเข้าใจมโนทัศน์ในบทเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนจะต้องสรุปมโนทัศน์สำคัญจากบทเรียน ประกอบกับการคำนวณในเชิงจลน์ศาสตร์เคมี เพื่อที่จะพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ (Çakmakçı, Leach, & Donnelly, 2006)

Dahsah and Coll (2007) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนในวิชาเคมี โดยพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ขึ้นบนพื้นฐานของแนวการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ ซึ่งพบว่าแนวการสอนดังกล่าวสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาแนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ดังกล่าว พบว่า รูปแบบการสอนที่ใช้ในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน พัฒนาและปรับปรุงจาก Stephans ที่เน้นให้ผู้เรียนทำนายมโนทัศน์เป้าหมายก่อนการเรียน (Express Ideas) อภิปรายร่วมกับเพื่อนภายในกลุ่ม (Share Ideas) นำข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายนำไปสู่การทดลองหรือสังเกตเพื่อเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายกับสิ่งที่ได้จากการสังเกต (Challenge Ideas) จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันปรับข้อมูลที่ได้จากการทำนายและจากการสังเกตให้เกิดความเหมาะสมและสัมพันธ์กัน (Accommodate Ideas) และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ (Apply Ideas) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการสอนดังกล่าว มีความสอดคล้องกับวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE-based learning) ซึ่งเป็นวิธีการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ทั้งนี้วิธีทำนาย-สังเกต-อภิปราย เป็นวิธีที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความรู้ที่มีอยู่บนพื้นฐานความรู้เดิม (Gou, 2003; Joyce, 2006; White & Gunstone, 1992) โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่เริ่มด้วยการนำเสนอเหตุการณ์ และให้นักเรียนสังเกตเหตุการณ์ดังกล่าว ซึ่งจะต้องลงมือทดลอง สังเกต หรือหาทางพิสูจน์ เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น หลังจากนั้นให้นักเรียนบอกสิ่งที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองพร้อมกับอธิบายถึงความ

แตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายกับสิ่งที่ได้จากการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้ (White & Gunstone, 1992)

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีทำนาย-สังเกต-อธิบาย ถูกพัฒนาและนำไปใช้ในหลายวัตถุประสงค์ โดย Savander-Ranne and Kolari (2003) ได้พัฒนาวิธีการสอนดังกล่าว เป็นกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (PDEODE teaching strategy) ซึ่งใช้ในการพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนในสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีการสอนนักเรียนจะเกิดการพัฒนาการเรียนรู้โดยเริ่มจาก (1) ขั้นทำนาย (P: Predict) เป็นขั้นที่ครูนำเสนอปรากฏการณ์ที่ต้องการสอนแล้วให้นักเรียนทำนายหรือคาดการณ์ถึงสิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมให้เหตุผล (2) ขั้นอภิปราย (D: Discuss) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนอภิปรายและแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการคาดการณ์เหตุการณ์กันภายในกลุ่มย่อย (3) ขั้นอธิบาย (E: Explain) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาข้อสรุประหว่างกันเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ โดยที่ครูไม่ชี้แนะหรือบอกว่าสิ่งที่นักเรียนหาข้อสรุประหว่างกันถูกหรือผิด (4) ขั้นสังเกต (O: Observe) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์หรือทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ โดยการสังเกตหรือการทำการทดลองดังกล่าวจะต้องเชื่อมโยงหรือมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์เป้าหมายที่ต้องการสอน (5) ขั้นอภิปราย (D: Discuss) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนหาข้อสรุปและเปรียบเทียบถึงสิ่งที่ได้จากการคาดการณ์กับสิ่งที่สังเกตได้จริง ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และวิจารณ์กันภายในกลุ่ม (6) ขั้นอธิบาย (E: Explain) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้นำเสนอความแตกต่างระหว่างสิ่งที่จากการคาดการณ์กับสิ่งที่สังเกตได้จริง ในที่นี้ครูมีหน้ากระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันในห้องและใช้คำถามจนกระทั่งนักเรียนได้รับมโนทัศน์ที่ถูกต้อง กลวิธีการสอนดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยจากงานวิจัยของ Cos¸tu, Ayas, and Niaz (2012) ที่ใช้กลวิธีการสอน PDEODE (ทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย) ที่ได้พัฒนาขึ้นจาก Savander-Ranne and Kolari (2003) ในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนพบว่า กลวิธีดังกล่าวสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการควบแน่น โดยนักเรียนในระดับชั้นปีที่ 1 สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เกิดความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการควบแน่นดีขึ้น และมีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนลดน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปพิชญา ปากเมย (2556) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict – Observe – Explain (POE) โดยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อนดีขึ้นโดยก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 17.33 หลังเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 84.22 เช่น เดียวกับ งานวิจัยของ วิชัย ลาธิ (2556) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การแทรกกิจกรรม ทำนาย-สังเกต-อภิปราย (POE) ในขั้นสร้างความสนใจของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และกระตุ้นให้เกิดคำถาม และดำเนินการสำรวจและหาคำตอบตามกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ และ ทัศวรรณ ภูผาดแร่ (2557) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย พบว่า รูปแบบการสอนที่สอดแทรกกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบายสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

จากสภาพปัญหา แนวคิดและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างตน จึงนำมาสู่การนำกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ต่อไป

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนตามกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย สามารถเสริมสร้างความเข้าใจมโนทัศน์เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่อย่างไร

2. การจัดการเรียนการสอนตามกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย สามารถเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังเรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังเรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (PDEODE teaching strategy) สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนได้ โดยผลการวิจัยและพัฒนากลวิธีการสอน PDEODE ของ Savander-Ranne and Kolari (2003) ให้ข้อเสนอแนะว่าการใช้กลวิธีการสอน PDEODE สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์และทักษะการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการเรียนที่ได้ลงมือทำการทดลองหรือสังเกตจากปรากฏการณ์จริงได้ โดยนักเรียนสามารถสร้างความรู้ผ่านการใช้เชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการใหม่ที่ได้เรียนรู้ เกิดความเข้าใจในบทเรียนและสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ให้สูงขึ้นได้

ในวิจัยของ Savander-Ranne and Kolari (2003) ที่ทดลองใช้กลวิธีการสอน PDEODE สำหรับพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษาโพลีเทคนิคปีที่ 3-4 ในบทเรียนเรื่องการวิเคราะห์น้ำและดินที่มีลักษณะเนื้อหาสอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชาเคมี พบว่านักศึกษาที่เรียนจบบทเรียนนี้มีระดับผลการเรียนเฉลี่ยเป็น 3.9 จาก 5 ซึ่งสูงกว่าระดับผลการเรียนของบทเรียนก่อนหน้าที่อยู่ในระดับเฉลี่ย 2.7 และ 3.4 ทั้งนี้เมื่อพิจารณานักศึกษารายบุคคลพบว่าไม่มีนักศึกษาที่อยู่ในระดับต่ำสุดคือระดับ 1 และ ระดับ 2 นักศึกษาในชั้นเรียนได้ระดับ 3 คือระดับดีขึ้นไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Coştu (2008) ที่ศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ผ่านกลวิธีการสอน PDEODE เพื่อพัฒนา

ความเข้าใจ มโนทัศน์ของนักเรียน โดยผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อพิจารณานักเรียนรายบุคคลพบว่านักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ถูกต้อง มีมากกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนในชั้นเรียน ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวยังมีลักษณะเดียวกับงานวิจัยของ Cos,tu et al. (2012) ที่ศึกษาผลของการใช้กลวิธีการสอน PDEODE ในการเปลี่ยนมโนทัศน์และพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนปี 1 สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยพบว่า กลวิธีการสอนดังกล่าวสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ในระดับดี โดยหลังการเรียนไม่มีนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำกว่าระดับ 1 จาก 3 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมีความเข้าใจมโนทัศน์

จากการพิจารณาระดับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนโดยกลวิธีการสอนทำนาย-สังเกต-อภิปราย (POE) ซึ่งเป็นรากฐานของกลวิธีการสอน PDEODE พบว่า จากการวิจัยของ วิชัย ลาธิ (2556) ที่ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ผ่านการใช้กิจกรรม POE พบว่า นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 65.32 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทัศวรรณ ภูผาดแร่ (2557) ที่ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบายพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 62.90 จากแนวคิดและงานวิจัยในข้างต้น ประกอบกับการพิจารณาบริบทต่างๆ จึงตั้งสมมติฐานดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย จำนวนมากกว่าร้อยละ 70 จะมีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย จะมีความเข้ามโนทัศน์เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย จะมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนอยู่ในระดับดี คือ มากกว่าร้อยละ 70

4. นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย จะมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัยประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ (Treatment variable) ได้แก่

2.1.1 การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) ได้แก่

2.2.1 ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี โดยวัดพฤติกรรมทั้งหมด 5 ด้าน คือ ด้านการให้เหตุผลเชิงลึก ด้านการถ่ายโอนความรู้ ด้านการแก้ปัญหา ด้านการทำนาย และด้านการแปลทางเคมี

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหารายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (PDEODE) หมายถึง การที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกลวิธีการสอน PDEODE ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้น ตามรูปแบบของ Savander-Ranne and Kolari (2003) ที่พัฒนาขึ้นดังนี้

1.1 ขั้นทำนาย (P: Predict) เป็นขั้นนำเสนอปรากฏการณ์ที่ต้องการสอนแล้วให้ผู้เรียนทำนายหรือคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมแสดงเหตุผล

1.2 ขั้นอภิปราย (D: Discuss) เป็นขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการคาดการณ์เหตุการณ์ของผู้เรียนกันภายในกลุ่มย่อย

1.3 ขั้นอธิบาย (E: Explain) เป็นขั้นหาข้อสรุปร่วมกันแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ โดยไม่มีการชี้แนะหรือบอกว่าสิ่งที่ได้จากการหาข้อสรุประหว่างกลุ่มถูกหรือผิด

1.4 ขั้นสังเกต (O: Observe) เป็นขั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์หรือทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ โดยการสังเกตดังกล่าวจะต้องเชื่อมโยงหรือมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์เป้าหมายที่ต้องการสอน

1.5 ขั้นอภิปราย (D: Discuss) เป็นขั้นหาข้อสรุปและเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้จากการคาดการณ์กับสิ่งที่ได้จากการสังเกต ในขั้นนี้ต้องวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และวิจารณ์กันภายในกลุ่ม

1.6 ขั้นอธิบาย (E: Explain) เป็นขั้นนำเสนอความแตกต่างระหว่างสิ่งที่จากการคาดการณ์กับสิ่งที่สังเกตได้จริง โดยกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายร่วมกันภายในห้องและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้มโนทัศน์ที่ถูกต้อง ตลอดจนมีการขยายความรู้ที่ได้จากการเรียน

2. ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกของผู้เรียนโดยประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 5 พฤติกรรม ตามแนวคิดของ Holme et al. (2015) ดังนี้

1. การถ่ายโอนความรู้ สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่
2. การให้เหตุผลเชิงลึก สามารถแสดงเหตุผลเกี่ยวกับแนวคิดหลักในวิชาเคมี
3. การทำนาย สามารถขยายความรู้ในวิชาเคมี เพื่อนำไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. การแก้ปัญหา สามารถใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและให้เหตุผลในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับปฏิบัติการทางเคมี

5. การแปลทางเคมี โดยใช้ตัวแทนความคิด ผ่านระดับต่างๆ ได้แก่ ระดับมหภาค ระดับจุลภาคและสัญลักษณ์

ซึ่งวัดโดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี จำนวน 3 ชุด แบบวัดในแต่ละชุดมีลักษณะเป็นข้อคำถามให้ผู้เรียนตอบแบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ

3. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี หมายถึง คะแนนที่ได้จากการวัดความรู้ ความสามารถของบุคคล ที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนการสอน โดยวัดตามแนวคิดของ Klopfer (1971) มี 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดโดยแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี แบบสอบที่ใช้มีจำนวน 30 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

4. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่องผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย ที่มีต่อความความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี มีแนวทางในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังนี้

1. ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี
    1.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางเคมี
    1.2 ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี
    1.3 แนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์
    1.4 แนวทางในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์
    1.5 แนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี
2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี
    2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี
    2.2 แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี
3. กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย
    3.1 ความสำคัญและความเป็นมา
    3.2 ขั้นตอนของกลวิธีการสอน PDEODE
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์เคมี
    4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

การศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์เคมี นำเสนอประเด็นสำคัญที่นำไปสู่การทำวิจัยตามลำดับ คือ 1) ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางเคมี 2) ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี 3) แนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เคมี และ 4) แนวทางในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ 5) แนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี โดยเนื้อหาสาระที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

1.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางเคมี

คำว่า มโนทัศน์ เป็นคำที่มาจากคำในภาษาอังกฤษคือคำว่า concept ในประเทศไทยมีการแปลคำว่า concept ในความหมายที่หลากหลายเช่น มโนทัศน์ ความคิดรวบยอด สังกัป มโนมติ มโนภาพ เป็นต้น ในที่นี้ได้เลือกใช้คำว่ามโนทัศน์ในการศึกษา โดยนักการศึกษาในสาขาต่างๆ ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

De Cecco (1968) ให้ความหมายว่ามโนทัศน์ คือ กลุ่มของสิ่งซึ่งมีลักษณะร่วมกัน โดยสิ่งที่มีลักษณะร่วมกันนั้น อาจเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคล

Romey (1968) ให้ความหมายว่ามโนทัศน์เป็นข้อสรุปที่ได้จากการหาความเหมือนหรือปัจจัยร่วมกัน ระหว่างความคิดหรือความจริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะร่วมกัน

Pine (1985) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์เป็นชุดของความหมาย ที่ดึงเอาส่วนที่มีความคล้ายคลึงหรือมีลักษณะร่วมกันของวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ ออกมา

Novak and Canas (2006) ให้ความหมายว่ามโนทัศน์เป็นระเบียบแบบแผนที่รับรู้ในวัตถุหรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง หรือเป็นการจดจำวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นแบบแผนเดียวกัน โดยกำหนดสัญลักษณ์หรือข้อความร่วมกัน

Margolis and Laurence (2014) ให้ความหมายว่ามโนทัศน์ เป็นสิ่งที่เป็นนามธรรม เกิดจากการสรุปจากประสบการณ์หรือผลจากการเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่ให้เกิดเป็นข้อสรุป มโนทัศน์อาจ

เป็นข้อสรุปที่เกิดขึ้นจริง หรือเป็นข้อสรุปในเชิงความคิด ลักษณะของมโนทัศน์อาจเป็นตัวแทนความคิดในจิตใจ หรือเป็นความสามารถในการจำแนกแยกแยะสิ่งที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันออกจากกัน หรือเป็นวัตถุที่เป็นนามธรรมคือความคิดหรือภาษา

จากการศึกษาความหมายมโนทัศน์ของนักการศึกษาต่างประประเทศ สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ ข้อสรุปหรือชุดของความหมายที่มีลักษณะร่วมกันของวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคล โดยเกิดจากการดึงเอาส่วนที่มีความคล้ายคลึงหรือมีลักษณะร่วมกันของวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ ออกมา แล้วเกิดเป็นข้อสรุปในเชิงความคิด โดยกำหนดเป็นสัญลักษณ์หรือข้อความร่วมกัน

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537) กล่าวว่ามโนทัศน์ คือ ความเข้าใจโดยสรุปของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตและรับประสบการณ์ของสิ่งๆ นั้นแล้วพิจารณาคุณลักษณะต่างๆ มาประมวลเป็นความคิดโดยสรุป

ชนาธิป พรกุล (2554) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์คือข้อความที่แสดงแก่นของเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งเกิดจากการรวบรวมลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้นๆ หรือ เป็นการจัดลักษณะที่เหมือนๆ กันของสิ่งของ เหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือกระบวนการเข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบขึ้นเป็นหน่วยความคิด ประเภท หมู่ หรือกลุ่มคล้ายคำจำกัดความ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นความเข้าใจจนสามารถกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้แบ่งประเภทสรรพสิ่งรอบตัวที่เป็นสิ่งของ วัตถุ พฤติกรรม และสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งสามารถใช้ได้ในความหมายของ ความคิด (Idea) หัวข้อ (theme/topic) องค์ประกอบหรือโครงสร้างของศาสตร์ (element/structure of disciplines) และลำดับขั้น (categories)

จากการศึกษาความหมายมโนทัศน์ของนักการศึกษาไทย สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจโดยสรุปซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือรับประสบการณ์ของสิ่งๆ นั้น แล้วรวบรวมลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้นๆ เข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบเป็นหน่วยความคิด โดยสามารถใช้ได้ในความหมายของ ความคิด หัวข้อ องค์ประกอบหรือโครงสร้างของศาสตร์ และลำดับขั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ อาจกล่าวได้ว่าเป็นความคิดโดยสรุปทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความหมายของความคิดโดยสรุปทางวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาให้นิยามและคำจำกัดความของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Klopfer (1971) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจาการศึกษาปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า มโนทัศน์นั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

Jones (1990) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวคิดและความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของโลกที่เกิดจากการสรุปหรือการรวบรวมข้อคิดเห็นและตัวอย่างจากความเข้าใจในลักษณะทั่วไปของบุคคลในสังคมหรือชุมชนวิทยาศาสตร์

Jacobson (1990) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายได้ โดยจะเกิดการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เมื่อเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น สำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลองและเชื่อมโยงประสบการณ์ที่มีความเข้าใจอยู่เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวคิดหรือความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ หรือสถานการณ์ธรรมชาติ โดยสามารถที่จะพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้หลากหลายทาง ซึ่งจะต้องเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วนำเข้ามารวมกับประสบการณ์ใหม่ เกิดเป็นความเข้าใจโดยความเข้าใจนั้นจะต้องตรงกลับบุคคลหรือสังคมในชุมชนวิทยาศาสตร์

ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ในการแบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งได้โดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้มีนักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Romey (1968) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. มโนทัศน์จากการแบ่งประเภท (Classification Concepts) คือ มโนทัศน์ซึ่งเป็นการอธิบายลักษณะร่วมกันซึ่งจะใช้ในการบรรยายวัตถุ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (Correlational Concepts) คือ มโนทัศน์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เกี่ยวข้องกัน

3. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical Concepts) คือ มโนทัศน์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผลซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

Jacobsen, Eggen, Kauchak, and Dulaney (1985) แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 ประเภทดังนี้

1 มโนทัศน์หลัก (Super-ordinate Concepts) คือ เป็นมโนทัศน์ที่แสดงลำดับที่สูงที่สุดของเรื่องนั้น

2.มโนทัศน์ร่วม (Co-ordinate Concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน ซึ่งอาจมีบางส่วนที่มีความแตกต่างกันอยู่บ้าง

3. มโนทัศน์รอง (Sub-ordinate Concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์รองลงมา จากมโนทัศน์หลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lawson (2000) แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (Descriptive Concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ จากตัวผู้สังเกตโดยตรง และสร้างเป็นข้อความคิดโดยสรุป โดยใช้การพิจารณาลักษณะที่เหมือนกันหรือสอดคล้องกัน รวมเข้าไว้ด้วยกัน และเกิดเป็นมโนทัศน์ของสิ่งๆ นั้น

2. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical Concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ผู้สังเกตไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัส สัมผัสได้โดยตรง มีลักษณะเป็นนามธรรม มโนทัศน์ในลักษณะนี้ ส่วนใหญ่ได้มาจากแนวคิดหรือทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้เสนอ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาแนวคิดหรือทฤษฎีเพื่อนำมาอธิบายให้เกิดความเข้าใจในเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง

3. มโนทัศน์ระหว่างกลาง หรือ มโนทัศน์เชิงสันนิษฐาน (Intermediate / Hypothetical Concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ผู้สังเกตไม่สามารถสังเกตเหตุการณ์นั้นๆ เพื่อสร้างเป็นมโนทัศน์ได้โดยตรง

เนื่องจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นๆ มีข้อจำกัดเกี่ยวกับเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้มโนทัศน์ในลักษณะนี้ จะอาศัยการสันนิษฐาน เพื่อสร้างเป็นมโนทัศน์หรือข้อสรุปเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ

ชนาธิป พรกุล (2554) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 แบ่งเป็น 2 พวก ตามลักษณะการรับรู้เป็นเกณฑ์ ได้แก่

1. สิ่งที่เป็นรูปธรรม (concrete) สามารถรับรู้โดยตรงทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ การดู การเห็น การได้กลิ่น การลิ้มรส และการสัมผัส เช่น โต๊ะ ต้นไม้ แก้วน้ำ เป็นต้น

2. สิ่งที่เป็นนามธรรม (abstract) รับรู้ด้วยความรู้สึก ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สิ่งแวดล้อม ประเพณี ค่านิยม ความเชื่อ ตลอดจนการเลี้ยงดู มโนทัศน์เดียวกันบุคคลอาจมีต่างกัน เช่น ความงาม ความยุติธรรม อิสรภาพ เป็นต้น

ประเภทที่ 2 แบ่งเป็น 3 พวก ตามลักษณะที่ใช้เป็นเกณฑ์ ได้แก่

1. ลักษณะเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน (conjunctive concept) เป็นมโนทัศน์ที่เรียนรู้ได้ง่าย เพราะมีลักษณะสำคัญชุดเดียวกัน

2. ลักษณะแยกออกจากกัน (disjunctive concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนเพียงเล็กน้อย ต้องเรียนรู้ลักษณะของมโนทัศน์อย่างน้อย 2 ชุด

3. ลักษณะเดี่ยวข้องกัน (rational concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนที่สุด ต้องเรียนรู้จากการเปรียบเทียบ หรือการหาความสัมพันธ์ของ 2 สิ่งหรือ 2 เหตุการณ์

ประเภทที่ 3 แบ่งเป็น 3 พวกตามวิธีการเรียนรู้มโนทัศน์ของ Bruner ได้แก่

1. เรียนรู้โดยการทำ (enactive concept)

2. เรียนรู้โดยการดูภาพ หรือสร้างภาพในใจ (iconic concept)

3. เรียนรู้จากสัญลักษณ์ เช่น ภาษา (symbolic concept)

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในข้างต้น สรุปได้ว่า การแบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับงานวิจัย คือ การแบ่งประเภทของมโนทัศน์ตามการรับรู้ของผู้สังเกต ตามรูปแบบของ Lawson (2000) ซึ่งจำแนกมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) มโนทัศน์เชิงบรรยาย (Descriptive Concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ได้จากการสังเกตโดยตรง 2) มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical Concepts) เป็นมโนทัศน์เชิงนามธรรม ได้จากแนวคิด

หรือทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ และ 3) มโนทัศน์ระหว่างกลาง หรือ มโนทัศน์เชิงสันนิษฐาน (Intermediate / Hypothetical Concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ผู้สังเกตไม่สามารถสังเกตเหตุการณ์นั้นๆ เพื่อสร้างเป็นมโนทัศน์ได้โดยตรง เนื่องจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นๆ มีข้อจำกัดเกี่ยวกับเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง

มโนทัศน์ทางเคมี

มโนทัศน์ทางเคมี อาจกล่าวได้ว่า เป็นความคิดสรุปเกี่ยวกับวิชาเคมี โดยนักการศึกษา Lower (2006) ได้จำแนก มโนทัศน์ทางเคมีออกเป็นมโนทัศน์หลัก 2 มโนทัศน์ คือ 1) มโนทัศน์ทางทฤษฎี (Theoretical concepts) และ 2) มโนทัศน์ทางการปฏิบัติจริง (Practical concepts) สนใจศึกษา เกี่ยวกับสารและองค์ประกอบที่ผู้สังเกตสามารถสังเกตได้โดยตรงการจำแนกมโนทัศน์ทางเคมีตามลักษณะของการสังเกตนั้น สอดคล้องกับการจำแนกมโนทัศน์ทางเคมีตามระดับของการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับมหภาค (macro-level) และระดับจุลภาค (micro-level) ข้อแตกต่างของระดับทั้ง 2 แสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ขอบเขตการศึกษาด้านต่างๆ โดยเปรียบเทียบระหว่างระดับมหภาคและจุลภาค

ขอบเขตการศึกษา	ระดับมหภาค	ระดับจุลภาค
ส่วนประกอบ	สูตรสารผสม	โครงสร้างของผลึกโมเลกุล และอะตอม
คุณสมบัติ	คุณสมบัติภายนอกของสาร	ขนาดและมวลของอนุภาค และอันตรกิริยาระหว่างกัน
การเปลี่ยนแปลงเชิงพลังงาน (change energetic)	สมดุลทางเคมี	การกระจายพลังงานของอนุภาค
การเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตร (change dynamics)	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	กลไกของปฏิกิริยา

จากการจำแนกมโนทัศน์ทางเคมีดังกล่าว เป็นการจำแนกมโนทัศน์โดยทั่วไปสำหรับการศึกษาวิชาเคมี ในงานวิจัยนี้สนใจขอบเขตการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตร

ระดับมหภาคซึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาและในระดับจุลภาคซึ่งเกี่ยวข้องกับกลไกของปฏิกิริยา

1.2 ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

การให้ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือความเข้าใจมโนทัศน์เคมี มีนักการศึกษาได้ให้ความหมาย คำนิยาม ตลอดจนองค์ประกอบไว้ดังนี้

Paris, Cross, and Lipson (1984) ให้ความหมาย ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อน มีการเชื่อมโยงระหว่างการเข้าใจในมโนทัศน์ย่อยๆ แต่ละมโนทัศน์ตลอดจนการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งการเชื่อมโยงดังกล่าวมีกฎ และรูปแบบที่แน่นอน ส่งผลทำให้เกิดมโนทัศน์ใหม่ โดยความเข้าใจมโนทัศน์ประกอบด้วย ความรู้ที่เปิดเผย (declarative knowledge) ความรู้ในการดำเนินการ (Procedural knowledge) และความรู้เชิงเงื่อนไข (conditional knowledge)

Chan, Burtis, and Bereiter (1997) ให้ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นความสามารถในการประยุกต์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ประสบจริงในชีวิตประจำวัน รวมถึงสามารถที่จะเรียนรู้ข้อมูลใหม่ที่แตกต่างจากสิ่งที่เคยได้ศึกษา ตลอดจนสามารถสร้างคำอธิบายข้อมูลที่ได้เรียนรู้อย่างลึกซึ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Alao and Guthrie (1999) ให้ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นความสามารถในการให้เหตุผลเชิงลึกในขอบเขตของความรู้ที่ศึกษาอันมีความเกี่ยวข้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละมโนทัศน์

Konicek-Moran and Keeley (2015) ให้ความหมายของ ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ว่า เป็นความสามารถในการเข้าใจถึงแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติ หรือสถานการณ์ธรรมชาติ ที่เป็นความคิดสรุปในทางวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะจับใจความในสาระสำคัญนั้นๆ และสามารถสื่อสารออกมาได้ และยกตัวอย่างได้ โดยความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถพิจารณาผ่านพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียนได้ดังนี้

เมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผู้เรียนจะสามารถ

1. คิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ ได้

2. ใช้มโนทัศน์นั้นในสถานการณ์อื่นมากกว่าสถานการณ์ที่เคยเรียนได้

3. อธิบายความหมายของมโนทัศน์โดยใช้คำอธิบายของตนเองได้

4. เปรียบเทียบหรือหาตัวอย่างร่วมเพื่อแสดงมโนทัศน์ได้

5. สร้างแบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองทางกายภาพได้

ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าผู้เรียนได้สร้างมโนทัศน์ขึ้นได้ด้วยตนเอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Holme et al. (2015) ได้ศึกษาและรวบรวมคำจำกัดความของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี ผ่านการวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งพบว่าผู้เรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เคมี จะสามารถแสดงพฤติกรรมได้ดังนี้

1. ถ่ายโอนความรู้ (transfer) สามารถนำความรู้ในวิชาเคมีไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

2. ให้เหตุผลเชิงลึก (depth) แสดงเหตุผลเกี่ยวกับแนวคิดหลักในวิชาเคมีโดยการใช้ทักษะที่สูงกว่า การท่องจำหรือการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขเท่านั้น

3. ทำนาย (predict) ขยายความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อที่จะทำนายหรืออธิบายพฤติกรรมของระบบต่างๆ ในวิชาเคมี

4. แก้ปัญหา (problem solving) สามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ และให้เหตุผลตลอดจนการแก้ปัญหาต่างๆ ในการปฏิบัติการทางเคมี (Chemistry laboratory)

5. แปลทางเคมี (translate) สามารถแปลข้อมูลทางเคมีข้ามผ่านระดับต่างๆ ในที่นี้ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์

จากการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจมโนทัศน์เคมีสรุปได้ว่าความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีหมายถึงพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงถึงความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ โดยผู้เรียนเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์เคมีจะสามารถ 1) ถ่ายโอนความรู้ (transfer) 2) ให้เหตุผลเชิงลึก (depth) 3) ทำนาย (predict) 4) แก้ปัญหา (problem solving) และ 5) แปลทางเคมี (translate) ได้

1.3 แนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์

ในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนสามารถช่วยในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้โดย ผู้เรียนที่มีความเข้าใจในมโนทัศน์ จะรู้จักการตั้งคำถาม การสร้างข้อสังเกตที่ผู้เรียนสามารถสืบเสาะแสวงหาความรู้ได้ สามารถที่จะใช้รูปแบบของการทำนายและการบรรยายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่ได้มาจากการสังเกตโดยตรง สามารถที่จะสร้างคำอธิบายโดยใช้หลักฐานที่มี และสามารถเกิดข้อโต้แย้งกันระหว่างกลุ่มโดยใช้ความรู้ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในประเด็นปัญหาต่างๆ ประสบการณ์ของผู้เรียนจากการฝึกฝนในห้องเรียน โดยการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนจะนำไปสู่การยอมรับในคำอธิบายต่างๆ และช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ได้สังเกต ตลอดจนลักษณ์ของวัตถุ สิ่งของ รวมถึง สสารต่างๆ ทั้งนี้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นของผู้เรียนถือได้ว่ามีค่ามากกว่าการสะสมเพียงความรู้ใหม่ (Konicek-Moren & Keeley, 2015)

สำหรับแนวทางในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนในที่นี้ได้เสนอรูปแบบของการจัดการเรียนการสอน และกลวิธีหรือเทคนิคการจัดการเรียนการสอนดังนี้

รูปแบบของการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน

รูปแบบของการจัดการเรียนการสอนเป็นขอบข่ายในการจัดการเรียนการสอน ในที่นี้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เป็นที่รู้จักกันในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์มี 3 รูปแบบคือ 1) รูปแบบวงจรการเรียนรู้ (Learning cycle model) 2) รูปแบบการจัดการเรียนการสอน 5E และ 3) รูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual change model, CCM)

1. รูปแบบการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ (The Learning Cycle Instructional Model)

Karplus (1977) ได้นำเสนอรูปแบบวงจรในการเรียนรู้โดยให้รายละเอียดของวงจรในการเรียนรู้แต่ละขั้นดังนี้

1) การสำรวจ (Exploration) ผู้เรียนสำรวจและค้นหาข้อมูลด้วยตนเองผ่านการแนะนำเพียงเล็กน้อย

2) การแนะนำมโนทัศน์ (Concept introduction) ผู้สอนนำเสนอมโนทัศน์ที่ต้องการสอนให้กับผู้เรียน

3) การประยุกต์มโนทัศน์ (Concept application) ผู้เรียนนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

2. รูปแบบการเรียนการสอน 5E (5E Instructional Model)

Bybee et al. (1989) ได้ศึกษาและพัฒนารูปแบบของการจัดการเรียนการสอน โดยประกอบด้วยการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบาย (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมิน (Evaluation)

Eisenkraft (2003) ได้ปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนการสอน 5E โดยเพิ่มขั้นตอนการล้วงประสบการณ์เดิมของผู้เรียน (Elicit) ให้แยกออกจากขั้นสร้างความสนใจและเพิ่มขั้นขยายความรู้ (extend) เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์ที่ใกล้เคียงได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

3. รูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual change model)

รูปแบบการสอนเพื่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ เป็นรูปแบบการสอนหนึ่งที่มีพื้นฐานมากจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีความเชื่อว่า ความรู้ไม่สามารถที่จะส่งผ่านผู้เรียนได้โดยตรง และความรู้ที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเกิดการสร้างขึ้นเองในแต่ละบุคคล ซึ่งการสร้างความรู้อาจเกิดขึ้นได้จากกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม (Social interaction)

Posner, Strike, Hewson, and Gertzog (1982) ได้พัฒนากระบวนการในการเปลี่ยนมโนทัศน์ของผู้เรียนโดยการเปลี่ยนมโนทัศน์ของผู้เรียนจะเกิดขึ้นเมื่อ 1) ผู้เรียนต้องเกิดความไม่พอใจกับมโนทัศน์เดิม (dissatisfied) 2) มโนทัศน์ใหม่ต้องแสดงความเป็นไปได้ (plausibla) 3) มโนทัศน์ใหม่ต้องมีเหตุและสามารถเข้าใจได้ (reasonable & understandable, intelligible) 4) มโนทัศน์ใหม่ต้องมีคุณค่า (fruitful)

Stepans, Saigo, and Ebert (1999) ได้เสนอรูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ โดยใช้รูปแบบเดิมจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ของ Karplus โดยประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1) มุ่งมั่นที่จะเกิดผล (Commit to an outcome) 2) เปิดเผยความเชื่อ (Expose belief) 3) เผชิญหน้ากับ

ความเชื่อ (Confront beliefs) 4) ปรับมโนทัศน์ (Accommodate the concept) 5) ขยายมโนทัศน์ (Extend the concept) 6) ก้าวนำความรู้ (Go beyond)

Hewson (1992) ได้แสดงรูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์โดยรูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Hewson ประกอบด้วย องค์ประกอบ 4 ส่วนคือ 1) การรู้คิด (Metacognition) 2) บรรยากาศของห้องเรียน (Classroom climate) 3) หน้าที่ของผู้สอน (Role of teacher) 4) หน้าที่ของผู้เรียน (Role of learner)

จากการศึกษารูปแบบการสอนที่ใช้ในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เคมีสรุปได้ว่า รูปแบบการสอนที่ช่วยในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เป็นรูปแบบการสอนที่อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ และนำไปสู่การประยุกต์ความรู้ที่ได้จากการเรียน

กลวิธีหรือเทคนิคการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน

กลวิธีหรือเทคนิคในการจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ ของผู้เรียนมีดังต่อไปนี้

Eisenkraft (2003) ได้เสนอเทคนิคกิจกรรมก่อนมโนทัศน์และมโนทัศน์ก่อนคำศัพท์ ABC-CBV (Activity Before Concept, Concept Before Vocabulary) โดยให้ความเห็นว่า ผู้เรียนควรได้สังเกตหรือทำกิจกรรมก่อนได้รับการเสนอมโนทัศน์จากผู้สอน เพราะผู้เรียนจะได้สำรวจหรือศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยตนเองและเกิดการสร้างมโนทัศน์ขึ้นเอง จากนั้น เมื่อนักเรียนเกิดมโนทัศน์ขึ้นแล้ว จึงนำไปสู่การสร้างคำศัพท์หรือคำอธิบาย

Michaels, Shouse, and Schweingruber (2008) ได้เสนอเทคนิคในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เทคนิคการโต้แย้ง (Argumentation)โดยเทคนิคการโต้แย้งเป็นการโต้แย้งในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแตกต่างกันการโต้แย้งโดยทั่วไปเพราะจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการใช้เหตุผลแล้วนำไปสู่ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

Haysom and Bowen (2010) ได้นำเสนอเทคนิค การทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain Sequences) เพื่อใช้ในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์และการเปลี่ยนมโนทัศน์ ซึ่งพบว่า เทคนิคดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน

จากการสืบค้นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนและเทคนิคของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนสรุปได้ว่า ลักษณะร่วมของการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์คือการใช้กระบวนการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับการใช้กลวิธีการสอนทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นฐานในการพัฒนากลวิธีการสอนในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

1.4 แนวทางในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์

ในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ ได้เสนอแนวทางในการวัดและประเมินความเข้าใจในมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Jenkin and Deno (1971) อ้างใน (Nitko, 2007) เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ไว้ 4 แบบ ได้แก่

1) ให้เขียนคำนิยามของมโนทัศน์

2) ให้ยกตัวอย่างของมโนทัศน์

3) ให้จำแนกว่าสิ่งใดที่เป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างกับมโนทัศน์

4) ให้วิเคราะห์คำนิยามของมโนทัศน์และลักษณะที่เกี่ยวข้อง

White and Gunstone (1992) เสนอว่า ครูสามารถใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อสำรวจแนวคิดหรือมโนทัศน์ของนักเรียนได้ เช่น การใช้แผนผังความคิด (Concept Mapping) การสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวคิด (Interviews About Concept) การวาดภาพแสดงแนวคิด (Drawings) และการสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่างและเหตุการณ์ (Interviews About Instances and Events) เป็นต้น

Odum and Kelly (2001) เสนอขั้นตอนในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดชนิดเลือกตอบที่กำหนดให้ และเขียนเหตุผลที่สนับสนุนในการเลือกตอบในข้อนั้นๆ

2) สร้างแบบวัดแบบเลือกตอบ โดยมีข้อคำถาม 2 ส่วนคือ

2.1 คำถามเชิงเนื้อหา อาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก

2.2 เป็นส่วนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก

นอกจากนี้ Nehm and Schonfeld (2008) ยังได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อวัดความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการใช้แบบทดสอบปลายเปิด (open-response test) และการสัมภาษณ์ (Oral interview)

Leahy, Lyon, Thompson, and Wiliam (2005) ได้เสนอขั้นตอนในการประเมินระหว่างเรียนเพื่อทำให้เข้าใจถึงความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างเป้าหมายทางการเรียนที่ชัดเจน และศึกษาประสบการณ์เดิมจากผู้เรียน

2) ออกแบบและสนับสนุนการอภิปรายในห้องเรียน กิจกรรม ภาระงานซึ่งจะเป็นหลักฐานแสดงให้เห็นถึงความรู้เดิมของผู้เรียน

3) ให้ผลป้อนกลับผู้เรียน เพื่อทำให้การสอนดำเนินต่อไปข้างหน้า

4) กระตุ้นผู้เรียนโดยใช้แหล่งการเรียนการสอนอื่นๆ

5) กระตุ้นผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ทั้งนี้รูปแบบในการประเมินระหว่างเรียนเป็นได้ทั้งกลวิธีในการประเมินและการจัดการเรียนการสอน โดยการประเมินระหว่างเรียนนั้น สามารถทำได้หลายแนวทาง เช่น การเขียนแสดงความรู้ การวาดรูป การพูด การฟัง และการสืบสวนสอบสวน ทั้งนี้อาจเป็นในรูปแบบของการทดสอบย่อยหรือเป็นการทดสอบทั่วไป โดยประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงระหว่างการเรียนการสอนกับการประเมินระหว่างการจัดการเรียนการสอน คือ

1) ช่วยแสดงให้เห็นถึงความคิดของผู้เรียนเบื้องต้นเกี่ยวกับ แนวคิดหลักและมโนทัศน์สำคัญ ที่ผู้เรียนได้เรียนกำลังเรียนอยู่

2) กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนและความต้องการในการเรียนของผู้เรียน

3) วิเคราะห์การสอนของตนเองโดยใช้การทดสอบว่านักเรียนมีก้าวหน้าหรือเกิดการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ผ่านแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการสืบสอบและการสืบเสาะแสวงหาความรู้

5) ตรวจสอบความต้องการจำเป็นของผู้เรียนหรือการใช้ความคิดและมโนทัศน์ในบริบทที่แตกต่างออกไป

6) เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในมโนทัศน์ที่ก้าวหน้าขึ้น เมื่อตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐานของผู้เรียน

7) ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักรู้ว่าความคิดที่สำคัญและจำเป็นทีจะต้องทราบเป็นอย่างไร

8) ให้ผลป้อนกลับที่เป็นประโยชน์และใช้ภาษาในเชิงวิชาการในทางวิทยาศาสตร์

9) ช่วยติดตามผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

10) ระบุหรือเจาะจงผู้เรียนได้ว่าผู้เรียนต้องการการสนับสนุนเป้าหมายการเรียนรู้ในด้านใด

11) สามารถให้ความสนใจผู้เรียนในกิจกรรม ปฏิบัติการ การอ่าน ตลอดจนหน่วยการเรียนรู้

12) เพิ่มโอกาสของผู้เรียนในการสะท้อนความเข้าใจที่เกิดขึ้น

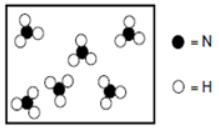
สำหรับแนวทางในการวัดและประเมินผู้เรียนในที่นี้ จะเกิดผลที่ดีเมื่อใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอน เพราะจะช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามผู้เรียนได้ทุกขั้นตอนของการเรียนรู้และสามารถตรวจสอบได้ว่านักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ในขั้นตอนใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Arasasingham, Taagepera, Potter, and Lonjers (2004) ได้เสนอแนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการใช้ทฤษฎี Knowledge space โดยแบบวัดดังกล่าวมีลักษณะเป็นแบบวัดประเภทตอบสั้น วาดรูปเพื่อแสดงตัวแทนความคิด และเติมคำตอบที่เป็นการแก้ปัญหาเชิงตัวเลข ลักษณะตัวอย่างของแบบวัดมีดังนี้

แบบทดสอบ Knowledge space theory (KST) โดยใช้เนื้อหาปริมาณสารสัมพันธ์

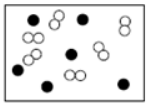
1. จงเขียนสูตรที่แสดงถึงโมเลกุลในกล่องดังนี้



2. จงแสดงสมการเคมีที่ดุลแล้วของการทำปฏิกิริยาระหว่างไนโตรเจน (N_2) กับ ไฮโดรเจน (H_2) แล้วเกิดเป็นแก๊สแอมโมเนีย (NH_3)

3. จงอธิบายว่าตัวเลขที่เขียนที่เขียนห้อยอยู่ด้านล่างสัญลักษณ์ทางเคมีของสารตั้งต้น (N_2, H_2) และ สารผลิตภัณฑ์ (NH_3) คือตัวเลขที่แสดงถึงสิ่งใด

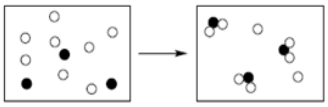
4. จากปฏิกิริยาเคมี $2S + 3O_2 \rightarrow SO_3$ พิจารณาการผสมกันระหว่าง S (•) และ O_2 (OO) ในภาชนะปิดซึ่งแสดงด้านล่าง



ถ้าปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างสมบูรณ์จงวาดภาพแสดงผลิตภัณฑ์รวมถึงสารอื่นๆ ที่เกิดขึ้นด้านล่าง และอธิบายว่าภาพดังกล่าวได้มาได้อย่างไร

5. จากปฏิกิริยา $2S + 3O_2 \rightarrow SO_3$ คำนวณจำนวนโมลที่มากที่สุดของ SO_3 ที่เกิดขึ้นได้ถ้าใช้ออกซิเจน 1.9 โมลทำปฏิกิริยากับกำมะถันที่มากเกินพอ

6. ปฏิกิริยาระหว่างธาตุ X กับ ธาตุ Y สามารถใช้แผนภาพแสดงได้ดังนี้



สมการใดที่แสดงถึงปฏิกิริยาดังกล่าวได้ถูกต้อง

(a) $3X + 8Y \rightarrow X_3Y_8$
(b) $3X + 6Y \rightarrow X_3Y_6$
(c) $X + 2Y \rightarrow XY_2$
(d) $3X + 8Y \rightarrow 3XY_2 + 2Y$
(e) $X + 4Y \rightarrow XY_2$

7. สมการเคมีที่เขียนแทนปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นดังนี้ $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ ถ้าผสม H_2 2 โมล กับออกซิเจน 2 โมล สารชนิดใดเป็นสารกำหนดปริมาณและเหลือสารใดจากการทำปฏิกิริยา โดยเหลือกี่โมล

Sanger (2005) ได้เสนอแนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยใช้การเขียนคำตอบแบบตอบสั้น เพื่อวัดความเข้าใจมโนทัศน์และการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขลักษณะตัวอย่างของแบบวัดเป็นดังนี้

ข้อคำถามในแต่ละข้อกำหนดให้ใช้ปฏิกิริยาเคมีของคาร์บอน (□) และกำมะถัน (○) แสดงดังแผนภาพ กำหนดให้ มวลโมเลกุลของคาร์บอนเป็น 12 g/molและมวลโมเลกุลของกำมะถันเป็น 32.1 g/mol

1. เขียนสมการที่ดุลแล้วของปฏิกิริยาที่แสดงในภาพ
2. ถ้าใช้คาร์บอนในการทำปฏิกิริยา 75.0 g จะเกิดสารประกอบระหว่างคาร์บอนกับกำมะถัน กี่กรัม
3. ต้องใช้กำมะถันกี่กรัมในการทำปฏิกิริยากับคาร์บอน 33.0 g

Domyancich (2014) ได้เสนอแนวทางในการวัดมโนทัศน์โดยการใช้ข้อสอบหลายตัวเลือกแต่เน้นการวัดความเข้าใจเชิงลึกโดยเสนอว่า การสร้างแบบวัดที่ดีในวิชาเคมี ควรมีลักษณะดังนี้

1) ใช้ข้อคำถามที่ขึ้นกับบริบทนั้นๆ โดยเป็นชุดของข้อคำถาม

2) ควรมีตัวเลือกที่เป็นลักษณะของการอธิบาย และมีตัวลวงที่แสดงถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

3) ใช้ข้อคำถามที่แตกต่างจากสถานการณ์ที่ผู้เรียนเคยเรียนมา

4) หลีกเลี่ยงข้อคำถามที่เน้นการแก้ปัญหาเชิงขั้นตอน

จากการศึกษาแนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ จึงเลือกวิธีการวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีผ่านการใช้แบบวัดอัตนัย โดยให้นักเรียนเขียนตอบแสดงเหตุผล ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยแต่ละข้อคำถาม วัดพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี 5 พฤติกรรม

1.5 แนวทางในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

จากการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เนื่องจากความเข้าใจมโนทัศน์เคมี มีพฤติกรรมบ่งชี้ 5 พฤติกรรม ได้แก่ 1) การถ่ายโอนความรู้ 2) การให้เหตุผลเชิงลึก 3) การทำนายขยายความรู้ในวิชาเคมี 4) การแก้ปัญหาโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและ 5) การแปลทางเคมี โดยใช้ตัวแทนความคิด ผ่านระดับต่างๆ จึงแบ่งการศึกษาแนวทางในการวัดดังนี้

1. แนวทางในการวัดการถ่ายโอนความรู้ การวัดความสามารถในการถ่ายโอนความรู้หรือความสามารถในการประยุกต์ความรู้ การนำหลักการ หรือกฎ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ในที่นี้ คำตอบที่คาดหวังคือ คำตอบที่มีลักษณะเฉพาะและเป็นเอกลักษณ์สำคัญ (Enger & Yager, 2001)

ตัวอย่าง ข้อคำถามที่เกี่ยวกับการนำความรู้ไปใช้ ในการสร้างข้อคำถามจำเป็นต้องกำหนดความคิดสำคัญที่ต้องการวัดและข้อคำถาม มีลักษณะดังนี้

ความคิดสำคัญ: เมื่อน้ำเกิดการแข็งตัว ปริมาตรของน้ำจะเพิ่มขึ้น

คำถามเกี่ยวกับการนำไปใช้: ข้อใดเป็นเหตุผลที่แสดงให้เห็นว่าไม่ควรเก็บน้ำในภาชนะที่บรรจุจนเต็มในช่องแช่แข็ง

ก. เพราะรสชาติของน้ำอาจเกิดการเปลี่ยนแปลง

ข. เพราะภาชนะจะแตกเนื่องจากน้ำขยายตัว

ค.* เพราะน้ำจะทำปฏิกิริยากับแก้วที่เป็นภาชนะที่อุณหภูมิต่ำ

ง. เพราะน้ำจะไม่แข็งตัวถ้าไม่มีช่องว่างเพียงพอในการเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง

ความคิดสำคัญ: อุณหภูมิของน้ำ ณ จุดเดือดจะลดลงเมื่ออยู่ในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้น จุดเดือดของน้ำบนที่สูงจะต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำที่ระดับน้ำทะเล ในกรณีของเตาที่ใช้ความดันที่ความดันและอุณหภูมิสูงจะต้องดูแลรักษาภายในเตา

คำถามเกี่ยวกับการนำไปใช้: บริเวณใดที่อาจส่งผลประสิทธิภาพของเตาความดันที่ใช้ในการทำอาหาร

ก. ที่ระดับต่ำกว่าน้ำทะเล

ข. ที่ระดับน้ำทะเล

ค.ที่ระดับความสูงต่ำ

ง.*บริเวณภูเขาสูง

จากการศึกษาการวัดความสามารถในการถ่ายโอนความรู้ พบว่าข้อคำถามที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบปรนัยหลายตัวเลือก โดยมีลักษณะเป็นการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับข้อคำถาม ที่เกี่ยวข้องกับการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ในงานวิจัยจึงเลือกใช้การวัดความสามารถในการถ่ายโอนความรู้ผ่านการให้เหตุผลโดยปรับจากข้อคำถามเป็นแบบอัตนัย ให้ผู้เรียนแสดงเหตุผลที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. การให้เหตุผลเชิงลึก แนวทางในการวัดการให้เหตุผลเชิงลึก หรือการวัดการให้เหตุผลเกี่ยวกับความคิดสำคัญทางเคมี จะเป็นการวัดที่สูงกว่าการวัดทักษะเพียงแค่ความจำ หรือการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอน การวัดการให้เหตุผลเชิงลึกจะเน้นการวัดความคิดสำคัญเชิงมโนทัศน์ โดยข้อคำถามจะมีลักษณะของการหลีกเลี่ยงการคำนวณในเชิงตัวเลข แต่จะเน้นถามความคิดสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้ (Danipog & Ferido, 2011) เช่น

พิจารณาสารอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่แตกตัว 2 ชนิดคือ ชนิด A และ B โดย A มีมวลโมเลกุลมากกว่า B และสารทั้ง 2 ชนิดละลายในสารละลาย C สารละลาย A เกิดจากการนำสาร A มา X กรัม ละลายในสาร C 100 กรัม และสารละลาย B เกิดจากการนำสาร B มาปริมาณเท่ากับสาร A ละลายในสาร C 100 กรัม ทั้งนี้กำหนดให้สารละลายทั้งคู่ มีความหนาแน่นเท่ากัน สารละลายใดที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีสูงกว่า

ก. สารละลาย A ข. สารละลาย B

ค. สารละลาย C ง. ไม่สามารถบอกได้

ตัวอย่างที่ 2 นำสารโพแทสเซียมไนเตรท 49 กรัม ละลายในน้ำ 101 กรัม ที่ 100 ^{0}C โดยควบคุมไม่ให้น้ำเกิดการระเหยออก จากนั้น สารละลายชนิดนี้ถูกทำให้เย็นลง จนถึง 30 ^{0}C โดยพบว่ามีตะกอนเล็กๆ เกิดขึ้นในสารละลาย สารละลายที่เกิดขึ้นใหม่นี้จัดเป็นสารละลายประเภทใด

ก. Hydrated ข. Saturated ค. Unsaturated ง. Supersaturated

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อคำถามที่ใช้ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงลึกในทางเคมี พบว่า ลักษณะข้อคำถามเน้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์และใช้ความรู้ที่เรียนในการอธิบายมากกว่าการใช้วิธีการแก้ปัญหาผ่านการใช้สูตรการคำนวณ หรือการแก้ปัญหาเชิงขั้นตอน จึงนำลักษณะข้อคำถามดังกล่าวมาพัฒนาเป็นแบบวัดอัตนัย เพื่อให้ผู้เรียนแสดงการให้เหตุผลเชิงลึกความคิดสำคัญ

3. การทำนาย ขยายความรู้ในทางเคมี ในการวัดการทำนายหรือการขยายความรู้ในทางเคมีเป็นการวัดความสามารถในการทำนายหรืออธิบายถึงพฤติกรรมของระบบในทางเคมีที่เกิดขึ้นซึ่งแนวทางในการวัดการขยายความรู้ในทางเคมี จะพิจารณาจากการอธิบายและการทำนายสถานการณ์ที่ให้ (Holme et al., 2015)

4. การแก้ปัญหาโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางในการวัดการแก้ปัญหาทางเคมีเคมี จะวัดลักษณะการแก้ปัญหาโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความสามารถในการตัดสินใจเลือกตัวเลือกหรือวิธีการที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุด ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้การคิดย่างมีวิจารณญาณสามารถใช้รูปแบบของข้อคำถาม

ได้ดังนี้ 1) ข้อคำถามหลายตัวเลือกซึ่งประกอบด้วยคำถามที่เป็นคู่โดยถามถึงสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นคำถามแรก แล้วตามด้วยคำถามที่แสดงเหตุผล 2) ข้อคำถามที่แสดงสถานการณ์ทางเคมีเกี่ยวกับระดับอะตอม โมเลกุล โดยใช้การเขียนรูปวงกลมหรือทรงกลม ขนาดหรือสีที่แตกต่างกันในการแสดงถึงอนุภาคชนิดต่างๆ 3) ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในการปฏิบัติการทางเคมี 4) ข้อคำถามที่ถามนักเรียนหลังจากการสังเกตการสาธิต การชมวีดิโอ หรือการใช้สถานการณ์จำลอง 5) ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับคำถามเชิงเปรียบเทียบหรือหาความสัมพันธ์ ความคล้ายคลึง และ 6) ข้อคำถามที่เป็นลำดับขั้นตอน (Salta & Tzougraki, 2011)

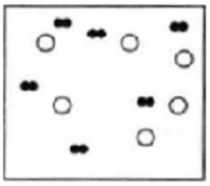
จากการวิเคราะห์ แนวทางในการวัดการแก้ปัญหาทางเคมีพบว่าลักษณะข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในการปฏิบัติการทางเคมี เป็นลักษณะข้อคำถามหนึ่งที่สามารถใช้ในการวัดการแก้ปัญหาโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณในทางเคมีได้ ซึ่งลักษณะข้อคำถามดังกล่าวสอดคล้องกับพฤติกรรมการแก้ปัญหาที่เป็นพฤติกรรมหนึ่งในความเข้าใจมโนทัศน์เคมี จึงพัฒนาข้อคำถามดังกล่าวให้เป็นข้อคำถามที่ใช้ในการวัดการแก้ปัญหาทางเคมี

5. การแปลทางเคมี โดยใช้ตัวแทนความคิด ผ่านระดับต่างๆ ในการวัดการแปลทางเคมี โดยธรรมชาติของเคมีจะมีความเกี่ยวข้องกับระดับจุลภาคและในระดับที่สามารถสังเกตได้ ลักษณะของระดับทั้ง 2 แบบสามารถสื่อสารได้ผ่านการใช้การสื่อสารผ่านสัญลักษณ์ โดย Johnstone (1982) ได้เสนอรูปแบบของการคิดเกี่ยวกับเคมีซึ่งประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ โดยในแต่ละระดับมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเหมือนมุมของสามเหลี่ยม โดยในแต่ละส่วนมีดังนี้ 1) ระดับมหภาค แสดงลักษณะทางเคมีที่สามารถสัมผัสได้โดยตรงผ่านการสังเกต 2) ระดับจุลภาค แสดงลักษณะทางเคมีเป็นระดับอนุภาค เช่น อะตอม โมเลกุล ไอออน และ 3) ระดับสัญลักษณ์ แสดงลักษณะทางเคมีเป็นสูตรทางเคมี สมการเคมี ความเข้มข้น และกราฟ (Johnstone, 2000) ทั้งนี้ในการทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีที่ดีนั้นจำเป็นต้องอธิบายและเชื่อมโยงทั้ง 3 ระดับเข้าด้วยกันให้ได้ ตัวอย่างของแบบวัดการแปลทางเคมี เช่น

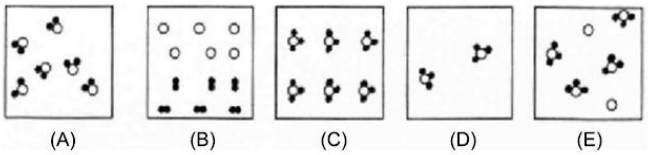
สาร 2 ชนิดคือ A และ B_2 ในสถานะแก๊สสามารถทำปฏิกิริยากันภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งเป็นไปตามสมการดังแสดง

$$2A(g) + 3B_2(g) \text{ --> } 2AB_3(g)$$

A เป็นแก๊สที่มีสีเหลือง และแก๊สที่เหลือคือ B_2 และ AB_3 เป็นแก๊สที่ไม่มีสี หากนำแก๊ส A และแก๊ส B_2 มาผสมเข้าด้วยกันในภาชนะปิด และให้สภาวะที่เหมาะสมกับการทำปฏิกิริยาที่แสดงข้างล่างนี้



ปฏิกิริยาระหว่าง A และ B_2เกิดขึ้นตามสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าว รูป A – E รูปใดที่แสดงองค์ประกอบภายในภาชนะปิดที่เกิดขึ้นภายหลังจากแก๊สทั้ง 2 ทำปฏิกิริยากัน



1. อธิบายคำตอบที่เลือกตอบ

2. ถ้าภาชนะปิดที่ใช้ไม่มีสี สามารถมองเห็นภายในได้ สีของภาชนะปิดควรเป็นสีอะไรหลังจากแก๊สทำปฏิกิริยากัน เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

จากลักษณะตัวอย่างของการวัดการแปลทางเคมีดังกล่าวจะพบว่า ลักษณะของแบบวัดประกอบด้วยการใช้ความเชื่อมโยงของระดับทางเคมีทั้ง 3 รูปแบบ คือระดับสัญลักษณ์ซึ่งแสดงโดยสมการเคมี ระดับจุลภาค คือการแสดงโดยใช้ภาพ ซึ่งเชื่อมโยงกับอะตอมและโมเลกุล และระดับมหภาค แสดงโดยใช้ข้อคำถามเกี่ยวกับสีหรือสิ่งที่สามารถสังเกตได้ ซึ่งรูปแบบของแบบวัดดังกล่าว จะนำมาประยุกต์ในงานวิจัยนี้ เพื่อการแปลทางเคมีซึ่งเป็นพฤติกรรมหนึ่งของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

ในการศึกษาเรื่องผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีแบ่งหัวข้อการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกกล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และในส่วนที่สองกล่าวถึงแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี ทั้งนี้ได้แบ่งการศึกษานักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไว้ดังนี้

Good (1959) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ คือผลที่เกิดจากการสะสมความรู้ความสามารถในการเรียนทุกด้านเข้าด้วยกัน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หมายถึงผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าโดยเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนั้น จะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่แสดงออกใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไว้ว่าผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หมายถึงขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน”

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546) กล่าวว่า“ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้คือพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งได้ยึดตามแนวของ Klopfer (1971) แบ่งการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความคิดเป็น 4 ด้านคือ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนทางวิทยาศาสตร์และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้”

จากความหมายของนักการศึกษาในข้างต้นสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ หมายถึงขนาดของความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยแสดงออกผ่านพฤติกรรมในการเรียนรู้ที่ถึงประสงค์ใน 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

2.2 แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไว้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เป็นการวัดความสามารถด้านความรู้และความคิดซึ่งมีการวัดทั้งหมด 4 ด้านคือ ความรู้ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ เป็นความสามารถของนักเรียนในการให้คำจำกัดความหรือนิยามเล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกถึงข้อสรุปได้ ซึ่งการวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ลักษณะของข้อสอบจะถามเกี่ยวกับความรู้ความจำไม่เกินร้อยละยี่สิบของข้อสอบทั้งหมด

2. ด้านความเข้าใจ เป็นความสามารถของนักเรียนในการสามารถเปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนกเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสินเลือก แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟแผนภูมิและแผนภาพได้พฤติกรรมความเข้าใจแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ

1) ความสามารถอธิบายความเข้าใจต่างๆ ได้ด้วยตนเอง

2) ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปหรือสถานการณ์ใหม่

3) ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง ซึ่งการวัดพฤติกรรมด้านความเข้าใจ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่างๆ ด้วยคำพูดของนักเรียนเอง หรือให้ระบุข้อเท็จจริงมโนทัศน์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปข้อความสัญลักษณ์รูปภาพ หรือแผนภาพ เป็นต้น

3. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของนักเรียนในกระบวนการสืบสอบหาความรู้ในการเรียน ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังต่อไปนี้

1) การสังเกตและการวัด ประกอบด้วย การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่างๆ การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลง การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม การประมาณค่าจากการวัดและการยอมรับขีดจากัดของความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้

2) การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสม การออกแบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3) การแปลความหมายข้อสรุปและการสรุป ประกอบด้วย การจัดกระทาข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การนำเสนอข้อมูล การแปลความหมายของข้อมูล ที่ได้จากการทดลอง และการสังเกตต่างๆการแปลความและการขยายความจากข้อมูลภายใต้ขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลองการสร้างข้อสรุปกฎหรือหลักการที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผลตามความสัมพันธ์ที่พบ

4) การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองประกอบด้วยการตระหนักถึงความจำเป็นและประโยชน์ของแบบจำลองการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสมการระบุปรากฏการณ์และหลักการต่างๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองการสร้างสมมติฐานใหม่ๆ จากแบบจำลองการแปลความหมายและการประเมินผลการทดลองเพื่อตรวจสอบแบบทดลองการปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลอง

4. ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เป็นความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบบยกสถานการณ์ใหม่ๆหรือปัญหาใหม่มาให้นักเรียนแก้ปัญหาซึ่งนักเรียนต้องมีความเข้าใจในแนวคิดหลักที่เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์รวมทั้งต้องใช้ความสามารถระดับสูงซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์สังเคราะห์และประเมินค่าตลอดจนใช้ยุทธวิธีต่างๆในการแก้ปัญหานั้นการประเมินผลการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบไม่สามารถวัดความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้โดยทั่วไปครูควรประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เช่นการทำโครงการวิทยาศาสตร์กิจกรรมการแก้ปัญหาเป็นต้น

Bloom (1956) ได้แบ่งวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ได้จากพฤติกรรม 3 ด้านของนักเรียนดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับความจำเกี่ยวกับองค์ความรู้และพัฒนาการความสามารถและทักษะทางด้านสติปัญญาแบ่งออกเป็น 6 ลำดับดังนี้

1.1) ความรู้ความจำเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความจำที่เกี่ยวกับข้อมูลแนวคิดหรือปรากฏการณ์ได้โดยนักเรียนสามารถจดจำสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้ไปเช่นความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์เฉพาะความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงเฉพาะเป็นต้น

1.2) ความเข้าใจเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแปลความหมายยกตัวอย่างสรุปอ้างอิงโดยสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้

1.3) การนำไปใช้เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นชีวิตประจาวัน

1.4) การวิเคราะห์เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแยกแยะจัดจำแนกเปรียบเทียบอธิบายความแตกต่างเป็นต้น

1.5) การสังเคราะห์เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการนำความสำคัญและหลักการต่างๆมาผสมผสานให้เป็นเรื่องเดียวกันทำให้ได้ความรู้ที่มีความสัมพันธ์ต่างไปจากเดิม

1.6) ประเมินค่าเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าวัตถุประสงค์แนวคิดสถานการณ์วิธีการเป็นต้น

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความสนใจเจตคติและคุณค่าและพัฒนาการประเมินค่าและการตัดสินใจ

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นวัตถุประสงค์มุ่งพัฒนาการเรียนของนักเรียนด้านทักษะคือความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินงานเช่นการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและแม่นยำ

Klopfer (1971) ได้ให้แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยสังเกตจากพฤติกรรม 4 ด้านของนักเรียนดังนี้

1. ความรู้หมายถึงพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงและสามารถจดจำข้อมูลเหล่านั้นได้แบ่งออกเป็น 9 ประเภทย่อยได้แก่

1) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงเฉพาะ

2) ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์วิทยาศาสตร์

3) ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4) ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลงของชุมชนวิทยาศาสตร์

5) ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่างๆ

6) ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการจำแนกและระบุประเภทของสิ่งต่างๆ

7) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8) ความรู้เกี่ยวกับกฎและหลักการทางวิทยาศาสตร์

9) ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือมโนทัศน์ทางปัญญา

2. ความเข้าใจหมายถึงพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลโดยการระบุหรือจัดการกับข้อมูลนั้นในบริบทใหม่ได้แบ่งเป็น 2 ประเภทย่อยได้แก่

1) ความเข้าใจเกี่ยวกับการระบุองค์ความรู้ในบริบทใหม่เช่นนักเรียนสามารถระบุถึงข้อเท็จจริงมโนทัศน์ กระบวนการการจัดจำแนกหมวดหมู่หลักการหรือทฤษฎีในบริบทใหม่ได้

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายองค์ความรู้ที่ได้รับจากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์อื่นได้

3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึงพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงถึงกระบวนการสืบสอบในการสำรวจตรวจสอบธรรมชาติของโลกและการสร้างองค์ความรู้ใหม่แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การสังเกตและการวัด

2) การระบุปัญหาและหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา

3) การแปลความหมายข้อมูลและการจัดระบบ

4) การสร้างทดสอบและการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองทางทฤษฎี

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้หมายถึงพฤติกรรมที่นักเรียนนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เช่นมโนทัศน์หลักการกฎทฤษฎีเป็นต้นและทักษะการสืบสอบไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่แบ่งออกเป็น 3 ประเภทย่อยตามลักษณะของปัญหาที่นักเรียนจะนำความรู้และทักษะการสืบสอบไปใช้ในการแก้ปัญหาได้แก่

1) การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกันแสดงในสถานการณ์ทั่วไปในโรงเรียนที่นักเรียนต้องนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นจากบทเรียนในรายวิชานั้น

2) การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่นโดยนักเรียนต้องใช้ข้อเท็จจริงมโนทัศน์หลักการทฤษฎีหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนไปในสาขาหนึ่งไปใช้แก้ปัญหาในสาขาวิชาอื่น

3) การนำความรู้และทักษะการสืบสอบไปใช้ในการแก้ปัญหาที่นอกเหนือจากวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเนื่องจากความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในบางพื้นที่ของการสำรวจตรวจสอบยังคงมีความไม่ชัดเจนอยู่บ้าง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้เสนอเป้าหมายสำคัญในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน 3 ด้านดังนี้

1. ความรู้ความคิดหมายถึงความรอบรู้ในหลักการทฤษฎีข้อเท็จจริงเนื้อหาหรือแนวคิดหลักแบ่งออกเป็น 6 ด้านซึ่งแต่ละด้านสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมที่แสดงออกของผู้เรียนดังนี้

1) ความรู้ความจำคือการรู้ข้อเท็จจริงจำได้หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสารสนเทศ

2) ความเข้าใจคือการมีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้

3) การนำไปใช้คือการนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

4) การวิเคราะห์คือการแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนๆให้เข้าใจได้ง่าย

5) การสังเคราะห์คือการรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

6) การประเมินค่าคือการตัดสินใจเลือก

2. กระบวนการเรียนรู้หมายถึงความสามารถในการลงมือปฏิบัติจริงที่แสดงออกถึงทักษะเชาว์ปัญญาและทักษะปฏิบัติโดยแบ่งเป็น 2 ด้านคือ

1) ด้านทักษะปฏิบัติได้แก่การรับรู้เตรียมความพร้อมการตอบสนองการฝึกฝนการปฏิบัติจนทำได้การเชื่อมโยงทักษะ

2) กระบวนการเรียนรู้ได้แก่การสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์การแก้ปัญหาการสื่อสารการนำความรู้ไปใช้

3. เจตคติหมายถึงจิตสำนึกของบุคคลที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนควรได้รับการประเมินเจตคติ 2 ด้านคือ

1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์คือลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่คาดหวังจะได้รับการพัฒนาในตัวผู้เรียนโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

2) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์คือความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย

จากการศึกษาแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เป็นการวัดพฤติกรรมด้านความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3. กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (PDEODE)

3.1 ความสำคัญและความเป็นมา

กลวิธีการสอน PDEODE เป็นรูปแบบที่มีหลักการพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เชื่อว่า ความรู้ไม่สามารถส่งผ่านได้โดยตรงจากผู้สอนไปยังผู้เรียน การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นกระบวนการทางปัญญาโดยความรู้จะถูกสร้างขึ้นหรืออาจเกิดการสร้างขึ้นใหม่อีกครั้งในสมองของผู้เรียนผ่านการคิดและกิจกรรม (Kolari & Savander-Ranne, 2004)

การเพิ่มขึ้นของความรู้ของผู้เรียนเป็นผลมาจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ในที่นี้ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ การสร้างความรู้เป็นกระบวนการทางสังคมในเริ่มต้น ซึ่งความรู้นั้นจะเกิดขึ้นในบริบทระหว่างการสนทนาระหว่างกัน การเรียนรู้นั้นถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการสื่อสาร

ระหว่างกัน โดยเป็นการทำให้แนวคิด หรือความรู้เกิดความชัดเจนมากขึ้น ผู้เรียนควรได้รับการกระตุ้นให้เกิดการสื่อสารระหว่างกันรวมถึงกับครูผู้สอน

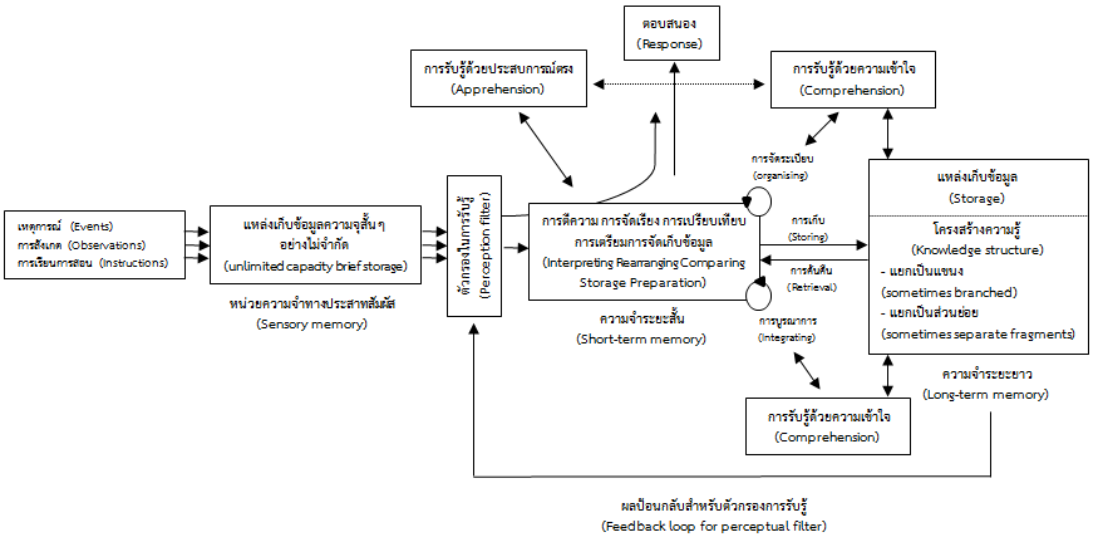
มโนทัศน์ที่เกิดความหมาย แบบจำลองทางความคิด และโครงสร้างทางปัญญา ล้วนถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของความรู้เดิมที่ผ่านการรับรู้และประสบการณ์เดิม ความรู้เดิมเป็นตัววัดผลของข้อมูล แนวคิด และประสบการณ์ ความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้นได้จะต้องสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียน ดังนั้นมโนทัศน์เดิมของผู้เรียนหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนก่อนหน้า อาจส่งผลกระทบต่อการสร้างความรู้ใหม่ของผู้เรียน ทั้งนี้การสร้างความรู้ของผู้เรียนยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงความเชื่อและเจตคติของผู้เรียน (Fosnot, 1996)

กลวิธีการสอน PDEODE ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Savander-Ranne & Kolari (2003) มีรากฐานมาจากเทคนิคการสอน POE (Predict-Observe-Explain) โดยเทคนิคการสอน POE นี้ได้ถูกนำไปใช้ในวงกว้างโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การตรวจสอบมโนทัศน์ของผู้เรียน

เทคนิคการสอน POE ถูกพัฒนาขึ้นโดย Gunstone and White (1981) โดยเทคนิคนี้สามารถใช้ตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้ผ่าน 3 ขั้นตอนสำคัญคือ 1) P-Predict ทำนาย ผู้เรียนต้องทำนายผลลัพธ์ของสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ก่อนการสังเกตหรือปฏิบัติเพื่อหาผลลัพธ์นั้นๆ 2) O-Observe สังเกต ผู้เรียนบรรยายถึงสภาพของสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่ได้จากการลงมือสังเกตจริง 3) E-Explain อธิบาย ผู้เรียนทำความเข้าใจถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายได้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงที่ได้จากการสังเกต

นอกจากที่ผู้สอนสามารถใช้ เทคนิค POE ในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้แล้ว เทคนิค POE ยังได้ถูกนำไปใช้เป็นกลวิธีในการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลำดับการเรียนและการสอนของทั้งผู้เรียนและผู้สอน (Kearney & Treagust, 2000) และยังถูกนำไปใช้เพื่อเป็นเครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้โดยได้ปรับปรุงรูปแบบของ POE เป็น PEOE (Predict-Explanation-Observe-Explanation)

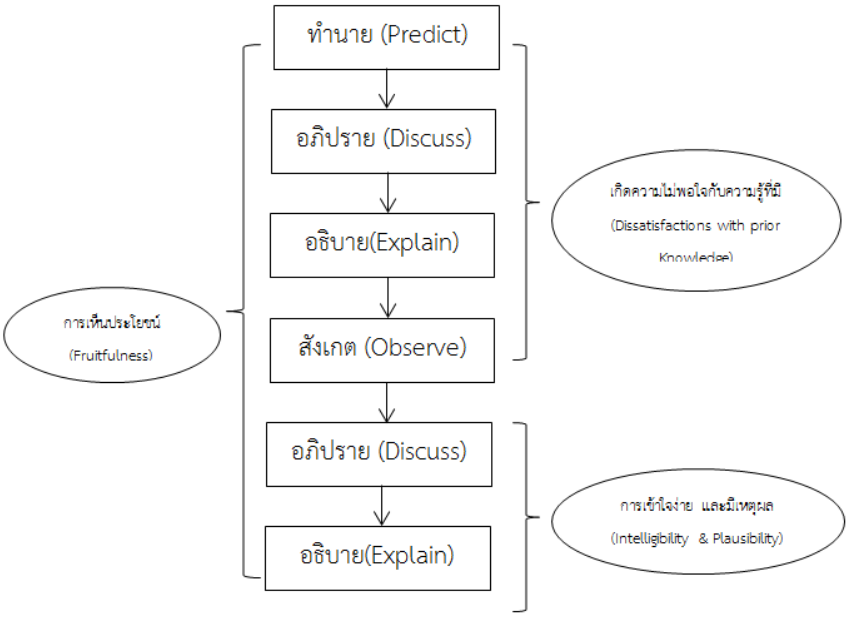
กลวิธีการสอน PDEODE นอกจากจะมีรากฐานมากจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ แล้วยังมีทฤษฎีอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องคือ ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information processing theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีของ Mayer (1999) ทั้งนี้ทฤษฎีดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับ กลวิธีการสอน PDEODE โดย Savander-Ranne & Kolari (2003) ได้อธิบายไว้ดังแสดงในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 Information processing model ประยุกต์มาจาก Mayer (1999) and Johnstone (1997) โดย Savander-Ranne and Kolari (2003)

กระบวนการในระบบการจดจำของผู้เรียนเริ่มจากการรับข้อมูล เมื่อผู้เรียนได้รับข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการสังเกต การเห็นเหตุการณ์ต่างๆ ตลอดจนการจัดการเรียนการสอน (events, observations, instructions) ข้อมูลความรู้หรือการรับรู้เหล่านั้นจะถูกเก็บในแหล่งเก็บข้อมูลความจุสั้นๆ ที่มีอย่างไม่จำกัด (unlimited capacity brief storage) จากนั้นจะผ่านตัวกรองในการรับรู้ (perception filter) ซึ่งเมื่อผ่านตัวกรองในการรับรู้ จะถูกตีความ จัดเรียง เปรียบเทียบ เพื่อเตรียมเข้าสู่การจัดเก็บข้อมูล (interpreting rearranging comparing storage preparation) ในหน่วยความจำระยะสั้น (short-term memory) ซึ่งอาจเกิดการตอบสนอง (response) หรือเกิดการรับรู้ด้วยประสบการณ์ (Apprehension) ทั้งนี้ข้อมูลหรือความรู้ที่ถูกเก็บในหน่วยความจำระยะสั้นสามารถจัดระเบียบ (organising) หรือ บูรณาการ (integrating) เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจ หากข้อมูลได้รับการสร้างความหมาย จะถูกเก็บ (storing) ในหน่วยความจำระยะยาว (long-term memory) ซึ่งมีการจัดระเบียบข้อมูลเป็นแขนง (branched) หรือแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ (separate fragments) สามารถค้นคืน (retrieving) เพื่อเรียกข้อมูลออกมาใช้ได้ตลอดเวลา ข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำระยะยาวนี้ยังมีอิทธิพลกับตัวกรองในการรับรู้ โดยทำหน้าที่ให้ผลป้อนกลับสำหรับตัวกรองในการรับรู้ (feedback loop for perceptual filter)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณากลวิธีการสอน PDEODE แล้วยังพบอีกว่า กลวิธีการสอน PDEODE มีลักษณะเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกับรูปแบบการสอนเพื่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual change model) ซึ่งเสนอโดย Posner et al. (1982) ดังแสดงในแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอนเพื่อการเปลี่ยนมโนทัศน์กับกลวิธีการสอน PDEODE (Cos¸tu et al., 2012)

จากขั้นตอนดังกล่าวจะพบว่ากลวิธีการสอน PDEODE มีความสอดคล้องกับ รูปแบบการสอนเพื่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ โดยในขั้นตอนของ การทำนาย การอภิปราย และการอธิบาย จะเทียบได้กับการล้วงประกอบการเดิมของผู้เรียน ซึ่งเมื่อประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเกิดความขัดแย้งกับสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้จะเกิดความขัดแย้งกับความรู้เดิม (Cognitive conflict) ซึ่งในรูปแบบของการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์จะเทียบได้กับขั้น Dissatisfy จากนั้นเมื่อผู้เรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันจะเริ่มเห็นถึงความเป็นเหตุเป็นผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและความเป็นไปได้ ในการยึดถือมโนทัศน์ใหม่ ซึ่งจะสอดคล้องกับขั้น Intelligible และ Plausible ซึ่งเมื่อผู้เรียนเห็นถึงความเป็นเหตุเป็นผลและความเป็นไปได้จะเห็นถึงผลของการได้มาซึ่งมโนทัศน์ใหม่ซึ่งตรงกับขั้น Fruitful เมื่อผู้เรียนมาถึงขั้นนี้ผู้เรียนจะเกิดการเปลี่ยนมโนทัศน์เดิมและยึดถือมโนทัศน์ใหม่ โดยนอกจากผู้เรียนจะเกิดการเปลี่ยนมโนทัศน์แล้ว ยังก่อให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ได้มา

จากการศึกษาที่มาและความสำคัญของกลวิธีการสอน PDEODE สรุปได้ว่า กลวิธีการสอน PDEODE เป็นรูปแบบการสอนที่มีรากฐานเดิมมาจากเทคนิคการสอน POE ซึ่งมีทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องคือ ทฤษฎีคอนสรัคติวิสต์ และทฤษฎี Information processing model นอกจากนี้กลวิธีการสอน PDEODE ยังมีความสอดคล้องกับรูปแบบการสอนเพื่อการเปลี่ยนมโนทัศน์อีกด้วย

ในระยะแรก รูปแบบการสอนนี้ถูกนำมาใช้ในวิชาวิศวกรรมศาสตร์ Savander-Ranne and Kolari (2003) ซึ่งเมื่อพิจารณาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวพบว่า รูปแบบการสอนนี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายกันมากขึ้นและยังกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ามาสู่ประสบการณ์ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในความรู้และช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบๆ ตัว

3.2 ขั้นตอนของกลวิธีการสอน PDEODE

กลวิธีการสอน PDEODEประกอบด้วย 6 ขั้นตอนสำคัญดังนี้

1.1 ขั้นทำนาย (P: Predict) เป็นขั้นนำเสนอปรากฏการณ์ที่ต้องการสอนแล้วให้ผู้เรียนทำนายหรือคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมแสดงเหตุผล

1.2 ขั้นอภิปราย (D: Discuss) เป็นขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการคาดการณ์เหตุการณ์ของผู้เรียนกันภายในกลุ่มย่อย

1.3 ขั้นอธิบาย (E: Explain) เป็นขั้นหาข้อสรุปร่วมกันแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ โดยไม่มีการชี้แนะหรือบอกว่าสิ่งที่ได้จากการหาข้อสรุประหว่างกลุ่มถูกหรือผิด

1.4 ขั้นสังเกต (O: Observe) เป็นขั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์หรือทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ โดยการสังเกตดังกล่าวจะต้องเชื่อมโยงหรือมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์เป้าหมายที่ต้องการสอน

1.5 ขั้นอภิปราย (D: Discuss) เป็นขั้นหาข้อสรุปและเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้จากการคาดการณ์กับสิ่งที่ได้จากการสังเกต ในขั้นนี้ต้องวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และวิจารณ์กันภายในกลุ่ม

1.6 ขั้นอธิบาย (E: Explain) เป็นขั้นนำเสนอความแตกต่างระหว่างสิ่งที่จากการคาดการณ์กับสิ่งที่สังเกตได้จริง โดยกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายร่วมกันภายในห้องและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้มโนทัศน์ที่ถูกต้อง ตลอดจนมีการขยายความรู้ที่ได้จากการเรียน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

Coştu (2008) ได้ศึกษาผลของการใช้กลวิธีการสอน PDEODE เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยในงานวิจัยนี้ทำการศึกษากับผู้เรียนเกรด 11 จำนวน 48 คน ในประเทศตุรกี เครื่องมือที่ใช้ในการวัดคือ แบบวัดความสามารถในการประยุกต์ความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหา โดยทดสอบก่อนและหลังจากการเรียนการวิเคราะห์ข้อมูลมีทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ จากผลของการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าคะแนนแบบวัดหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบว่าการสอนดังกล่าวยังสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนในเรื่องการควบแน่นของน้ำได้ดีขึ้น

Coş¸tu et al. (2012) ได้ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการสอน POE เป็นฐานที่มีผลต่อความเข้าใจของนักศึกษาในระดับชั้นปี 1 ในเรื่องการควบแน่น ซึ่งจากการวิจัยพบว่านักศึกษามีความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้น โดยให้ข้อเสนอแนะว่า กลวิธีการสอน PDEODE ซึ่งใช้ POE เป็นฐานเป็นรูปแบบการสอนที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น และเกิดการจดจำได้ในระยะยาว

ปพิชญา ปากเมย (2556) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict – Observe – Explain (POE) ซึ่งพบว่า 1) นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อนดีขึ้นโดยก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 17.33 หลังเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 84.22 2) ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict-Observe-Explain(POE) พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีจำนวนนักเรียนสูงขึ้นและมีจำนวนนักเรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง จากมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉลี่ย 7.17 คนต่อข้อ คิดเป็นร้อยละ 47.78 ของนักเรียนทั้งหมด โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากระดับ

ความไม่เข้าใจ ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด จำนวน 30 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 67.44 และจากระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องจำนวน 28 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 22.33 ตามลำดับ

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

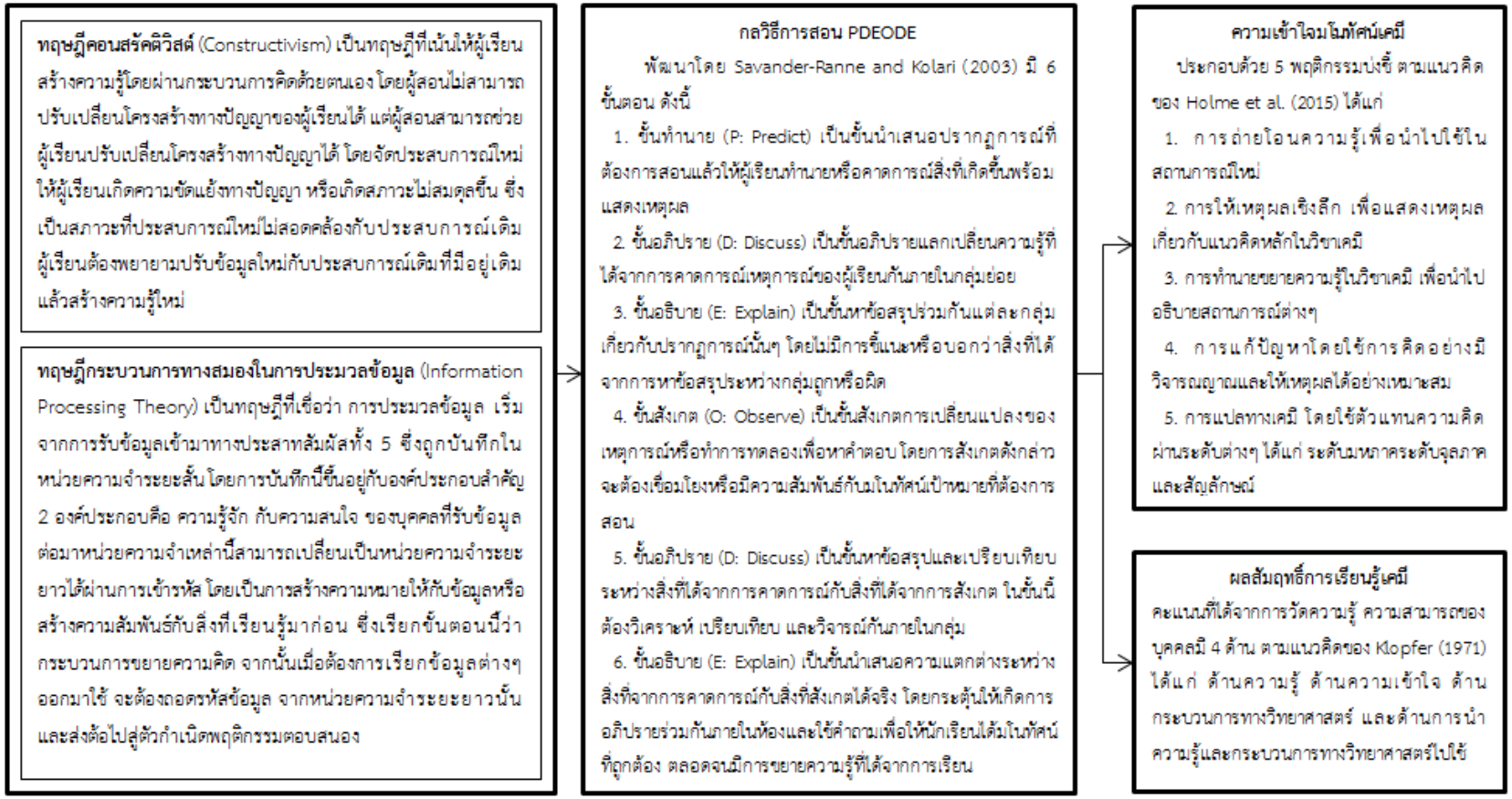
Kolari and Savander-Ranne (2004) ได้ศึกษาการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในรายวิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม กับโครงงานการศึกษาวิจัย โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษากับผู้เรียนในระดับปี 3-4 ที่เป็นนักเรียนวิศวกรรมศาสตร์ โดยใช้กลวิธี PDEODE และทำการวัดประเมินซึ่งพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในระดับดีมากและยังก่อให้เกิดทักษะอื่นๆ เช่น ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการสื่อสาร และทักษะทางสังคม

วิชัย ลาธิ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยจากงานวิจัยดังกล่าวพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 17.38 คิดเป็นร้อยละ 43.45 โดยในการจัดการเรียนการสอนได้แทรกกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในขั้นสร้างความสนใจของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้เกิดคำถาม และดำเนินการสำรวจและหาคำตอบตามกระบวนการสืบเสาะอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี โดยสรุป พบว่า การใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในระดับดีขึ้น สามารถแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ และยังส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในระดับดี จึงนำมาสู่การพัฒนากรอบแนวคิดในงานวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

กรอบแนวคิดงานวิจัย

กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย (PDEODE) ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์เคมีและผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มทดลอง
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One-Group Pretest-Posttest Design) แบบแผนการทดลองแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง มีวิธีการดำเนินการโดยเลือกกลุ่มทดลองที่ต้องการศึกษา 1 กลุ่ม เป็นกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย และมีการวัดตัวแปรตามก่อนการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มทดลอง หลังจากนั้นวัดตัวแปรตามอีกครั้งหนึ่ง โดยแสดง ดังแผนภาพที่ 3 ดังนี้

แผนภาพที่ 3 รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One-Group Pretest-Posttest Design)

E O_1 X O_2

X หมายถึง การเรียนการสอนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนด้วยแบบวัดและแบบสอบที่สร้างขึ้นก่อนเรียน

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนด้วยแบบวัดและแบบสอบที่สร้างขึ้นหลังเรียน

E หมายถึง กลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัย

2. การกำหนดประชากรและกลุ่มทดลอง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มทดลองตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

การเลือกโรงเรียน เลือกโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เนื่องจากมีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 การเลือกห้องเรียน

การเลือกห้องเรียนในการวิจัยนี้ ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยห้องเรียนที่เลือกเป็นห้องเรียนที่ได้จากการศึกษาพฤติกรรมนักเรียนรายบุคคลในปีการศึกษาก่อนหน้า ซึ่งมีทั้งสิ้น 49 คน ทั้งนี้ห้องเรียนที่เลือกได้รับการอนุญาตจากทางโรงเรียนและครูผู้สอนรายวิชาเคมี 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้เคมี โดยแผนการจัดการเรียนรู้เคมีใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1 แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

2.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและการตรวจคุณภาพเครื่องมือ มีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการสอน ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นฐาน จากนั้นศึกษาตัวอย่างของการจัดกิจกรรมโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย เพื่อสังเคราะห์เป็นขั้นตอนการสอนที่ถูกต้องเป็นลำดับขั้น จากนั้นศึกษาขอบข่ายเนื้อหาโดยวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ในวิชาเคมีเพิ่มเติมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคือ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ย่อยคือ 1) การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) การเกิดปฏิกิริยาเคมี และ 3) ปัจจัยที่มี

ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเป็นสาระตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และในบางเนื้อหาคาบเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้เคมีเพิ่มเติม

(2) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งจำแนกออกเป็น 7 สาระการเรียนรู้ จำนวน 16 คาบเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 7 แผน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และจำนวนคาบเรียนตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่	แผนลำดับที่	สาระการเรียนรู้	จำนวนคาบ
1. การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1	ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี	2	แนวคิดของปฏิกิริยาเคมี	2
	3	พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา	2
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4	ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3
	5	พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2
	6	อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2
	7	ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี	2
		รวม	16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) วิเคราะห์พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในบทเรียนเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

(4) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามจำนวนคาบเรียนที่กำหนด โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย โดยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้กลวิธีดังกล่าว สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ขั้นตอนของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย

ขั้นตอนของรูปแบบการสอนโดยทั่วไป	**ขั้นตอนของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย**	**คำอธิบายในแต่ละขั้น**
1. ขั้นนำ	1. ขั้นทำนาย (P: Predict)	เป็นขั้นนำเสนอปรากฏการณ์ที่ต้องการสอนแล้วให้ผู้เรียนทำนายหรือคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมแสดงเหตุผล
	2. ขั้นอภิปราย (D: Discuss)	เป็นขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการคาดการณ์เหตุการณ์ของผู้เรียนกันภายในกลุ่มย่อย
	3. ขั้นอธิบาย (E: Explain)	เป็นขั้นหาข้อสรุปร่วมกันแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ โดยไม่มีการชี้แนะหรือบอกว่าสิ่งที่ได้จากการหาข้อสรุประหว่างกลุ่มถูกหรือผิด
2. ขั้นสอน	4. ขั้นสังเกต (O: Observe)	เป็นขั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์หรือทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ โดยการสังเกตดังกล่าวจะต้องเชื่อมโยงหรือมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์เป้าหมายที่ต้องการสอน
	5. ขั้นอภิปราย (D: Discuss)	เป็นขั้นหาข้อสรุปและเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้จากการคาดการณ์กับสิ่งที่ได้จากการสังเกต ในขั้นนี้ต้องวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และวิจารณ์กันภายในกลุ่ม
3. ขั้นสรุป	6. ขั้นอธิบาย (E: Explain)	เป็นขั้นนำเสนอความแตกต่างระหว่างสิ่งที่จากการคาดการณ์กับสิ่งที่สังเกตได้จริง โดยกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายร่วมกันภายในห้องและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้มโนทัศน์ที่ถูกต้องตลอดจนมีการขยายความรู้ที่ได้จากการเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมด้านความชัดเจนของภาษาที่ใช้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการประเมินผล รวมทั้งพิจารณาความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับกลวิธีการสอนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งมีประสบการณ์สอนเคมี จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณารายละเอียดต่างๆ ในลักษณะเดียวกับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

1) ปรับแก้ไขเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นของกิจกรรมให้เหมาะสมและปรับลำดับขั้นของกิจกรรมการสอนไม่ให้มีความซ้ำซ้อนมากเกินไป โดยปรับแก้ไขให้มีความกระชับมากขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

2) ตรวจสอบการใช้สีหรือสัญลักษณ์ให้ถูกต้องตามระบบเคมีสากลและปรับขั้นการทำนายให้มีความเด่นชัดมากกว่าการนำเข้าสู่บทเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

3) เพิ่มการอธิบายทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับระบบและสิ่งแวดล้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน และปรับโจทย์เพิ่มเติมให้มีข้อมูลที่สมบูรณ์มากกว่านี้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

4) เพิ่มการอธิบายเกี่ยวกับความแตกต่างและความสัมพันธ์เกี่ยวกับ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สารกำหนดปริมาณ และปริมาณสัมพันธ์ของสารตั้งต้นกับสารผลิตภัณฑ์ ให้มีความชัดเจนมากขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

5) เพิ่มกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวให้มากขึ้น และอธิบายข้อควรระวังให้มีความชัดเจนก่อนการทำการทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

6) เพิ่มการใช้สื่อในการจัดการเรียนการสอนเรื่องอุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

7) เพิ่มการอธิบายเกี่ยวกับตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาให้มีความชัดเจนมากขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

(7) ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาในจุดที่แก้ไข

(8) นำแผนที่ได้จากการปรับแก้ไปทดลองใช้ (Try out) จากนั้น ปรับแก้ให้เกิดความเหมาะสมอีกครั้ง และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย ประกอบด้วย (1) แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี และ (2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี โดยมีขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1 แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มี 3 ชุด โดยแต่ละชุดจำแนกตามหน่วยการเรียน ได้แก่ หน่วยที่การเรียนรู้ที่ 1 การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเกิดปฏิกิริยาเคมี และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบวัดแต่ละชุดประกอบด้วยข้อคำถามแบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ วัดพฤติกรรมของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี 5 พฤติกรรม ได้แก่ 1) การให้เหตุผลเชิงลึก 2) การถ่ายโอนความรู้ 3) การแก้ปัญหา 4) การทำนาย และ 5) การแปลทางเคมี โดยแต่ละข้อคำถามมีคะแนนเต็มข้อละ 2 คะแนน รวม 10 คะแนน ในแต่ละชุด ใช้ทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการเรียน มีรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

(2) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี และรายละเอียดของพฤติกรรมแต่ละพฤติกรรม ตลอดจนวิธีการสร้างแบบวัดพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

(3) วิเคราะห์พฤติกรรมของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีแต่ละหน่วยการเรียนในเนื้อหาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิเคราะห์พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละหน่วยการเรียนและเนื้อหาที่ใช้ในการวัด

หน่วยการเรียนที่	พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี	เนื้อหาที่ใช้ในการวัด
1. การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การให้เหตุผลเชิงลึก (depth)	อธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากผลการทดลอง
	2. การถ่ายโอนความรู้ (transfer)	คำนวณหาอัตราการสลายตัวของสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน
	3. การแก้ปัญหา (Problem solving)	นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการทดลองเพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างเหมาะสม
	4. การทำนาย (predict)	ทำนายอัตราการสลายตัวสารตั้งต้น และอัตราการเพิ่มขึ้นของสารผลิตภัณฑ์ในบริบทที่แตกต่างจากเดิม
	5. การแปลทางเคมี (translate)	แสดงความเชื่อมโยงระหว่างสมการเคมี (symbolic) การเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพที่สังเกตได้ (macro) และการทำปฏิกิริยาของสารในระดับจุลภาค (micro)
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การให้เหตุผลเชิงลึก (depth)	อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสาร เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี
	2. การถ่ายโอนความรู้ (transfer)	บอกความแตกต่างของพลังงานที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาในบริบทที่แตกต่างจากเดิม
	3. การแก้ปัญหา (Problem solving)	นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนการทำปฏิกิริยาของสารได้อย่างเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 วิเคราะห์พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละหน่วยการเรียนและเนื้อหาที่ใช้ในการวัด (ต่อ)

หน่วยการเรียนที่	พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี	เนื้อหาที่ใช้ในการวัด
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี (ต่อ)	4. การทำนาย (predict)	ทำนายการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสารที่มีบริบทแตกต่างไปจากเดิม
	5. การแปลทางเคมี (translate)	แสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีทางกายภาพ (macro) จุลภาค (micro) และการใช้สัญลักษณ์ (symbolic)
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การให้เหตุผลเชิงลึก (depth)	อธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
	2. การถ่ายโอนความรู้ (transfer)	เสนอแนวทางในการเพิ่มหรือลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในบริบทที่เปลี่ยนแปลงไป
	3. การแก้ปัญหา (Problem solving)	นำเสนอแนวทางในการทำการทดลองเพื่อแก้ปัญหาการทดลองเปรียบเทียบผลของปัจจัยบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
	4. การทำนาย (predict)	ทำนายการเปลี่ยนแปลงของสารในบริบทที่แตกต่างออกไป เมื่อใส่สารบางชนิดที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
	5. การแปลทางเคมี (translate)	แสดงผลที่เกิดจากปัจจัยบางชนิดที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยแสดงผ่านในระดับกายภาพ (macro) จุลภาค (micro) และการใช้สัญลักษณ์ (symbolic)

(4) กำหนดโครงสร้างของแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีโดยกำหนดสัดส่วนของเนื้อหาที่ใช้ในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีให้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการวัด ได้แก่ การให้เหตุผลเชิงลึก การถ่ายโอนความรู้ การแก้ปัญหา การทำนาย และการแปลทางเคมี โดย สรุปได้ดังตารางที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระการเรียนรู้	พฤติกรรมที่วัด	จำนวนข้อ
1. การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การให้เหตุผลเชิงลึก	1
- ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2. การถ่ายโอนความรู้	1
	3. การแก้ปัญหา	1
	4. การทำนาย	1
	5. การแปลทางเคมี	1
รวม		5
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การให้เหตุผลเชิงลึก	1
- แนวคิดของปฏิกิริยาเคมี	2. การถ่ายโอนความรู้	1
- พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา	3. การแก้ปัญหา	1
	4. การทำนาย	1
	5. การแปลทางเคมี	1
รวม		5
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การให้เหตุผลเชิงลึก	1
- ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2. การถ่ายโอนความรู้	1
- พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3. การแก้ปัญหา	1
- อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4. การทำนาย	1
- ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี	5. การแปลทางเคมี	1
รวม		5

(5) ดำเนินการสร้างแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละหน่วยการเรียน โดยสร้างเป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ชุด ชุดละ 5 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ให้ 2 คะแนน ตอบถูกต้องบางส่วนให้ 1 คะแนน ในกรณีที่ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน (รายละเอียดการให้คะแนนแสดงในภาคผนวก ค)

(6) นำแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของทั้งด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบแล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(7) นำแบบวัดที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระที่ต้องการวัด กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ในแต่ละข้อ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1 จากนั้นปรับปรุงแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ปรับภาษาที่ใช้ในแบบวัดให้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และลดความกำกวมของการถาม

2) ปรับการใช้คำถามในพฤติกรรมการให้เหตุผลเชิงลึก ควรปรับคำถามเป็นการถามแนวคิดที่อยู่เบื้องหลังปรากฏการณ์มากกว่า มากกว่าการถามเชิงการคำนวณ

3) ปรับการใช้คำถามในพฤติกรรมการแก้ปัญหา โดยเพิ่มเงื่อนไขของปัญหาให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

4) ปรับการใช้คำถามในพฤติกรรมการทำนาย โดยควรให้บริบทเดิมมาจากนั้น ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนทำนายแนวโน้มใหม่

5) ปรับการใช้คำถามในพฤติกรรมการแปลทางเคมี โดยพยายามเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์

(8) นำแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มทดลองในการทดลอง จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) โดยค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจการจำแนกมีค่าระหว่าง 0.25-0.73 และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาร์ค ได้ค่าความเที่ยงในแต่ละฉบับ (3 ฉบับ) เท่ากับ 0.75 0.75 และ 0.71 ตามลำดับ

(9) นำแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองเพื่อเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนในส่วนของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นแบบสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรเคมี และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของรายวิชาเคมีเพิ่มเติม จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบของสาระที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

(2) กำหนดโครงสร้างของแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีโดยกำหนดหัวเรื่องของเนื้อหาสาระให้ครอบคลุมพฤติกรรมของการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยกำหนดสัดส่วนจำนวนข้อสอบให้เหมาะสมกับน้ำหนักของเนื้อหาและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ สรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สัดส่วนจำนวนข้อของแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระ	จำนวนข้อในแต่ละพฤติกรรม				รวม (ข้อ)	สัดส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ)
	ความรู้ (23.3%)	ความเข้าใจ (20%)	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (46.7%)	การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (10%)		
1. การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี						
- ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3	3	2		8	26.7
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี						
- แนวคิดและการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	1	1	5	1	8	26.7
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี						
- ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1		4		5	
- พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี			1	1	2	
- อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1	1			2	
- ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี	1	1	2	1	5	46.6
รวม (ข้อ)	7	6	14	3	30	100

(3) ดำเนินการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยสร้างเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

(4) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีที่สร้างเสร็จแล้วเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของทั้งด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแบบสอบที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระที่ต้องการวัด กับข้อคำถามและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1 จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ข้อคำถามทั้ง 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินระหว่าง 0.67-1

2) ข้อที่ 10 ให้ปรับแก้โดยขีดเส้นใต้เน้นคำว่า <u>ไม่ควร</u>

3) ข้อที่ 19 ให้ปรับแก้โดยข้อคำถามควรเรียงลำดับความยาวจากมากไปน้อย

4) ปรับแก้คำให้คงที่ ตลอดทั้งข้อสอบ

5) ตรวจสอบระดับพฤติกรรมของแต่ละข้อให้สอดคล้องกับข้อคำถามที่ใช้

(6) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มทดลองที่ใช้ในการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) โดยค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจการจำแนกมีค่าระหว่าง 0.22-0.61 และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาร์ค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.82

(7) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองเพื่อเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนในส่วนของผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองในกลุ่มทดลองที่ต้องการศึกษา โดยการปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนก่อนการทดลอง

เตรียมนักเรียนในกลุ่มทดลองก่อนการทดลองโดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีและแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากนั้นแนะนำรายวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์ วิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายให้กับนักเรียนใน 2 ประเด็น คือ (1) ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย และ (2) บทบาทของนักเรียนที่ต้องปฏิบัติในระหว่างการจัดการเรียนการสอน

4.2 การดำเนินการทดลอง

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เคมีโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย กับกลุ่มทดลองโดยดำเนินการสอนทั้งสิ้น 16 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยในการจัดการเรียนการสอนใช้บทบาทครูและนักเรียนดังนี้

บทบาทของครูและนักเรียน

ในการใช้กลวิธีการสอนแบบ PDEODE กับการจัดการเรียนการสอนจริง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแบ่งบทบาทของครูและนักเรียนให้ชัดเจนในการจัดการเรียนการสอน เพื่อทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนสอน โดยใช้กลวิธีการสอนแบบ PDEODE สรุปได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีการสอน PDEODE

ขั้นตอนการสอนโดยใช้กลวิธีการสอน PDEODE	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นทำนาย (P-Predict) เป็นขั้นนำเสนอปรากฏการณ์ที่ต้องการสอนแล้วให้ผู้เรียนทำนายหรือคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมแสดงเหตุผล	- ครูใช้คำถามสำคัญเพื่อนำนักเรียนให้สร้างคำทำนาย ในสิ่งที่ต้องการสอน	- นักเรียนระบุคำตอบของเหตุการณ์ที่ครูมอบหมายให้ โดยใช้ความรู้ที่มีมาก่อนช่วยในการตัดสินใจ
2. ขั้นอภิปราย (D-Discuss) เป็นขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการคาดการณ์เหตุการณ์ของผู้เรียนกันภายในกลุ่มย่อย	- ครูเน้นกระบวนการกลุ่ม โดยพยายามจัดนักเรียนให้เข้ากลุ่ม และกระตุ้นให้นักเรียนหาข้อสรุปของเหตุการณ์ที่แต่ละคนทำนาย เพื่อได้คำตอบในภาพรวม จากการใช้ความรู้ที่มีมาก่อนของนักเรียน - ครูพยายามให้นักเรียนร่วมกันคิด โดยครูต้องไม่พยายามชักจูงนักเรียนแม้ว่าคำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้อง	- นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และพยายามหาคำตอบของเหตุการณ์จากการช่วยกันสรุปประเด็นสำคัญจากเพื่อนในกลุ่ม เพื่อให้ได้เป็นคำตอบเพียงคำตอบเดียว
3. ขั้นอธิบาย (E-Explain) เป็นขั้นหาข้อสรุปร่วมกันแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ โดยไม่มีการชี้แนะหรือบอกว่าสิ่งที่ได้จากการหาข้อสรุประหว่างกลุ่มถูกหรือผิด	- ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก โดยการจัดลำดับให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อสรุป หรือผลลัพธ์ของเหตุการณ์ที่ได้จากการอภิปรายภายในกลุ่ม - ครูพยายามสรุปคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ได้เป็นคำตอบของชั้นเรียน	- นักเรียนเลือกตัวแทนในการนำเสนอข้อสรุปของการทำนาย ผลลัพธ์ของเหตุการณ์ภายในกลุ่ม และรับฟัง การทำนาย คำตอบของกลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 7 (ต่อ) บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีการสอน PDEODE

ขั้นตอนการสอนโดยใช้กลวิธีการสอน PDEODE	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4. ขั้นสังเกต (O-Observe) เป็นขั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์หรือทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ โดยการสังเกตดังกล่าวจะต้องเชื่อมโยงหรือมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์เป้าหมายที่ต้องการสอน	- ครูชี้แจงวิธีการ หรือขั้นตอนการหาคำตอบของสิ่งที่นักเรียนได้คาดการณ์ไว้ - ครูกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบ ภายในกลุ่ม อาจใช้คำถามหรือใช้การแบ่งหน้าที่ให้กับนักเรียน	- นักเรียนสังเกต และจดบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกต - ในกรณีที่เป็นการทดลอง นักเรียนมีหน้าที่ทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ
5. ขั้นอภิปราย (D-Discuss) เป็นขั้นหาข้อสรุปและเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้จากการคาดการณ์กับสิ่งที่ได้จากการสังเกต ในขั้นนี้ต้องวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และวิจารณ์กันภายในกลุ่ม	- ครูกระตุ้นให้นักเรียนเข้ากลุ่มและร่วมกันอภิปรายคำตอบที่ได้จากการสังเกตเหตุการณ์จริง	- นักเรียนร่วมกันนำผลที่ได้จากการทดลองหรือจากการสังเกต มาอภิปรายกันภายในกลุ่มและหาข้อสรุปและข้อเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้ากับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง
6. ขั้นอธิบาย (E-Explain) เป็นขั้นนำเสนอความแตกต่างระหว่างสิ่งที่จากการคาดการณ์กับสิ่งที่สังเกตได้จริง โดยกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายร่วมกันภายในห้องและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้มโนทัศน์ที่ถูกต้องตลอดจนมีการขยายความรู้ที่ได้จากการเรียน	- ครูส่งเสริมให้นักเรียนออกมานำเสนอสิ่งที่ได้จากการอภิปรายตลอดจนให้คำถามสำคัญเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการขยายความรู้ที่ได้เรียน	- นักเรียนนำเสนอสิ่งที่ได้จากการหาข้อสรุปภายในกลุ่ม และร่วมกันอธิบายคำถามสำคัญที่ครูให้ พร้อมนำเสนองานหรือทำแบบฝึกหัดเพื่อขยายความรู้ที่เรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังการดำเนินการทดลองครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้ว ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีของนักเรียน

หลังจบการเรียนการสอนในแต่ละหน่วยการเรียน ซึ่งมีทั้งหมด 3 หน่วยการเรียน จากนั้นสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เมื่อนักเรียนเรียนครบทุกหน่วยการเรียน

5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติ ดังนี้

(1) หาคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมี และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง

(2) วิเคราะห์เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังการทดลองของกลุ่มทดลองจากคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) โดยเทียบจากเกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กำหนดช่วงร้อยละและระดับคุณภาพของผู้เรียนดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80-100	ดีเยี่ยม
70-79	ดี
60-69	พอใช้
50-59	ผ่าน
0-49	ไม่ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้รับจากแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีและแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบ (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

(4) วิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับช่วงคะแนนที่ได้ ในพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

(5) วิเคราะห์เนื้อหาที่ได้จากการตอบคำถามเพื่อวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี โดยพิจารณาการตอบของนักเรียนที่ได้ในแต่ละช่วงคะแนน และพิจารณาจุดที่ผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนของนักเรียน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มทดลองที่ใช้คือกลุ่มที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย โดยเก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนเพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี ทั้งนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

คอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี พิจารณาร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในระดับการประเมินต่างๆ และเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน โดยแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีที่ใช้ในการวัด มีจำนวน 3 ชุด วัด 3 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละชุดมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

1) ศึกษาร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับต่างๆ โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) ในการจัดระดับนักเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

ตารางที่ 9 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในระดับต่างๆ ตามเกณฑ์ประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ (n = 49)

หน่วยการเรียนรู้	ระดับการประเมินก่อนเรียน					ระดับการประเมินหลังเรียน				
	0-4 ไม่ผ่าน	5 ผ่าน	6 พอใช้	7 ดี	8-10 ดีเยี่ยม	0-4 ไม่ผ่าน	5 ผ่าน	6 พอใช้	7 ดี	8-10 ดีเยี่ยม
1. การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี	38 (77.55)	5 (10.20)	6 (12.47)	0 (0.00)	0 (0.00)	10 (20.41)	11 (22.45)	10 (20.41)	10 (20.41)	8 (16.33)
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี	41 (83.67)	5 (10.20)	3 (6.12)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (2.04)	5 (10.20)	16 (32.65)	17 (34.69)	10 (20.41)
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	32 (65.31)	9 (18.37)	5 (10.20)	1 (2.04)	2 (4.08)	3 (6.12)	3 (6.12)	9 (18.37)	11 (22.45)	23 (46.94)

จากตารางที่ 9 พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1, 2 และ 3 ก่อนเรียนนักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 ได้คะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมีอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ โดยคะแนนที่ได้ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม หลังเรียนพบว่านักเรียนร้อยละ 79.59 ได้คะแนนอยู่ในระดับผ่านขึ้นไป โดยได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ทั้งนี้หากพิจารณาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 และ 3 จะพบว่าหลังเรียนมีนักเรียนร้อยละ 97.96 และ 93.88 ที่ได้คะแนนอยู่ในระดับผ่านขึ้นไป

เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละพฤติกรรมย่อยของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Holme et al. (2015) ได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของนักเรียนหลังเรียนที่ได้ระดับคะแนนตามเกณฑ์การประเมินของ Holme et al. (2015) (แสดงในภาคผนวก ค) ในแต่ละพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี	จำนวนและร้อยละของนักเรียน								
	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1			หน่วยการเรียนรู้ที่ 2			หน่วยการเรียนรู้ที่ 3		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1. ให้เหตุผลเชิงลึก	21 (42.86)	4 (8.16)	24 (48.98)	1 (2.04)	19 (38.78)	29 (59.18)	0 (0.00)	19 (38.78)	30 (61.22)
2. ถ่ายโอนความรู้	40 (81.63)	5 (10.20)	4 (8.16)	3 (6.12)	28 (57.14)	18 (36.73)	1 (2.04)	24 (48.98)	24 (48.98)
3. แก้ปัญหา	6 (12.24)	9 (18.37)	34 (69.39)	8 (16.33)	19 (38.78)	22 (44.90)	5 (10.20)	22 (44.90)	22 (44.90)
4. ทำนาย	11 (22.45)	5 (10.20)	33 (67.35)	1 (2.04)	34 (69.39)	14 (28.57)	5 (10.20)	17 (34.69)	27 (55.10)
5. แปลทางเคมี	2 (4.08)	22 (44.90)	25 (51.02)	3 (6.12)	34 (69.39)	12 (24.49)	6 (12.24)	26 (53.06)	17 (34.69)

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมย่อยของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียน ในพฤติกรรมด้านการให้เหตุผลเชิงลึก พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนร้อยละ 42.86 ได้ 0 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือความคิดสำคัญได้ เมื่อพิจารณาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนร้อยละ 2.04 ได้ 0 ได้คะแนน และในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ไม่มีนักเรียนที่ได้ 0 คะแนน แสดงให้เห็นว่า หลังจากการเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ มีร้อยละของนักเรียนที่ไม่สามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือความคิดสำคัญลดลงตามลำดับ

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมด้านการถ่ายโอนความรู้หลังเรียน พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนร้อยละ 40 ได้ 0 คะแนน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่สามารถประยุกต์หรือนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ เมื่อพิจารณาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนร้อยละ 6.12 ได้ 0 คะแนน และในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนร้อยละ 2.04 ได้ 0 คะแนน แสดงให้เห็นว่า หลังจากการเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ มีร้อยละของนักเรียนที่ไม่สามารถประยุกต์หรือนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ลดลงตามลำดับ

2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองกับระดับการประเมินระดับการประเมินหลังเรียน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับการประเมินหลังเรียน และค่าที (t-test) ของคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

หน่วยการเรียนรู้	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ระดับการประเมินหลังเรียน	t
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$		
1. การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2.71	1.97	27.10	5.82	1.62	58.20	ผ่าน	6.90*
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี	2.45	1.94	24.50	6.61	1.20	66.10	พอใช้	6.07*
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3.57	1.97	35.70	7.10	1.45	71.00	ดี	9.98*

*p < .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตารางที่ 11 พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1, 2 และ 3 นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยระดับการประเมินหลังเรียนซึ่งใช้เกณฑ์การประเมินของ กระทรวงศึกษาธิการ (2551ข) พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1, 2 และ 3 อยู่ในระดับ ผ่าน พอใช้ และ ดี แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมย่อยในแต่ละด้านของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 12 ดังนี้

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบคะแนนในแต่ละพฤติกรรมของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

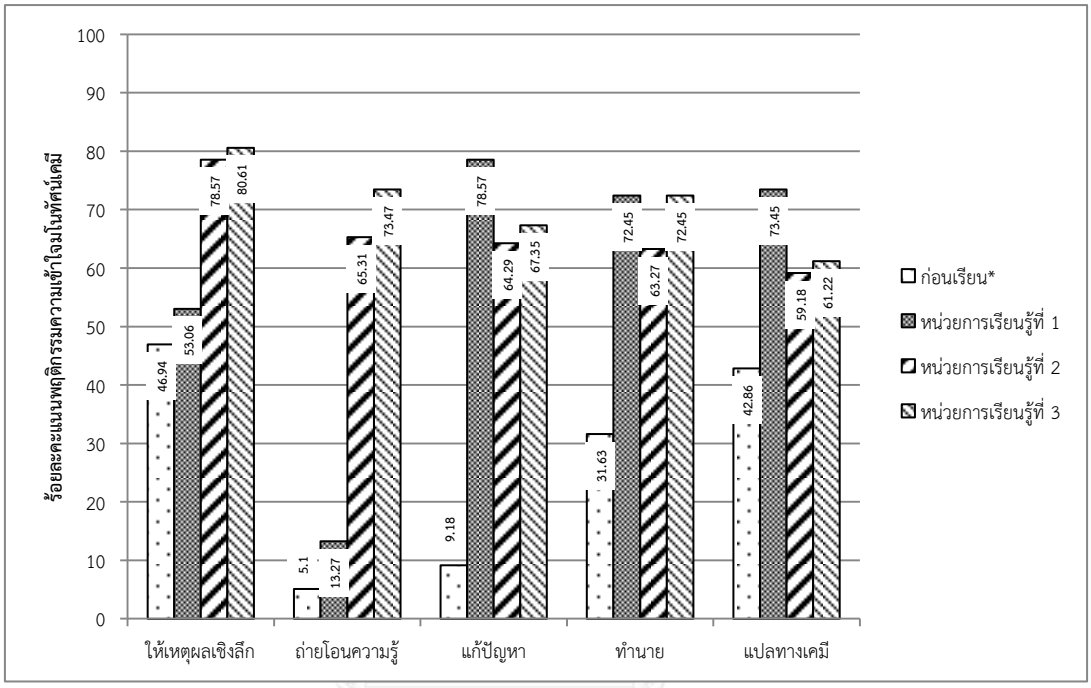
หน่วยการเรียนรู้ที่	พฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมี	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t
		$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	
1. การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ให้เหตุผลเชิงลึก	0.94	0.92	46.94	1.06	0.97	53.06	0.70
	ถ่ายโอนความรู้	0.10	0.31	5.10	0.27	0.61	13.27	1.74
	แก้ปัญหา	0.18	0.44	9.18	1.57	0.71	78.57	13.29*
	ทำนาย	0.63	0.81	31.63	1.45	0.84	72.45	5.88*
	แปลทางเคมี	0.86	0.82	42.86	1.47	0.58	73.47	4.05*
2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี	ให้เหตุผลเชิงลึก	0.88	0.88	43.88	1.57	0.54	78.57	6.31*
	ถ่ายโอนความรู้	0.63	0.57	31.63	1.31	0.58	65.31	5.89*
	แก้ปัญหา	0.37	0.73	18.37	1.29	0.74	64.29	7.68*
	ทำนาย	0.12	0.44	6.12	1.27	0.49	63.27	14.81*
	แปลทางเคมี	0.45	0.58	22.45	1.18	0.53	59.18	7.68*
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ให้เหตุผลเชิงลึก	1.04	0.50	52.04	1.61	0.49	80.61	7.41*
	ถ่ายโอนความรู้	0.98	0.49	48.98	1.47	0.54	73.47	5.28*
	แก้ปัญหา	0.49	0.65	24.49	1.35	0.66	67.35	7.59*
	ทำนาย	0.71	0.89	35.71	1.45	0.67	72.45	6.79*
	แปลทางเคมี	0.35	0.66	17.35	1.22	0.65	61.22	7.87*

*p < .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตารางที่ 12 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละพฤติกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในพฤติกรรมการให้เหตุผลเชิงลึกและการถ่ายโอนความรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้ ไม่

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละด้านหลังเรียนของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ได้ผลดังแผนภาพที่ 4

แผนภาพที่ 4 ร้อยละคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีที่ได้แต่ละพฤติกรรมก่อนและหลังเรียนในหน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วย



* คะแนนพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์เคมีก่อนเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1

จากแผนภาพที่ 4 พบว่า เมื่อพิจารณาพฤติกรรมด้านการให้เหตุผลเชิงลึก และการถ่ายโอนความรู้ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนมีการพัฒนาขึ้นจากหน่วยการเรียนรู้ที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่พฤติกรรมอื่นๆ คือ ด้านการแก้ปัญหา การทำนาย และการแปลทางเคมี ระดับคะแนนเฉลี่ยมีลักษณะการพัฒนาขึ้นอย่างไม่มีทิศทาง

เมื่อพิจารณาแนวทางในการตอบแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมย่อยของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในแต่ละด้าน พบว่าตัวอย่างผลการวิเคราะห์การตอบแบบวัดของนักเรียนเป็นไปตามตารางวิเคราะห์เนื้อหาการตอบ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์เนื้อหาการตอบคำถามเพื่อแสดงความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำแนกตามระดับคะแนน (รายละเอียดของข้อคำถามแสดงในภาคผนวก ค แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี)

พฤติกรรม	ระดับคะแนน	ลักษณะการตอบคำถามของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
การให้เหตุผลเชิงลึก	0	นักเรียนไม่ตอบคำถาม	นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้
		“อัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดซาลิไซลิกมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดมีมากขึ้น”	นักเรียนแสดงคำตอบผิดเนื่องจากนักเรียนพิจารณาเฉพาะความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิก โดยไม่คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลง
	1	“อัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดซาลิไซลิกมีแนวโน้มน้อยลง”	นักเรียนตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่แสดงเหตุผลของการตอบ
		“อัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดซาลิไซลิกมีแนวโน้มน้อยลงเนื่องจากสารตั้งต้นถูกใช้ไปเรื่อยๆ”	นักเรียนตอบคำถามถูกต้องแต่การให้เหตุผลของนักเรียนยังไม่ชัดเจน
	2	“อัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดซาลิไซลิกมีแนวโน้มน้อยลงเนื่องจากสารตั้งต้นถูกใช้ในการทำปฏิกิริยาส่งผลทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นน้อยลง ทำให้การทำปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นเกิดช้าลง”	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง และให้เหตุผลสอดคล้องกับคำตอบ
การถ่ายโอนความรู้	0	ไม่ตอบคำถาม	นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้
		ไม่แสดงวิธีคิด และตอบคำถามโดยการประมาณตัวเลข	นักเรียนคิดเดาคำตอบโดยไม่ใช้ความรู้ที่เรียน และคำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง
	1	แสดงการคำนวณหาปริมาณยาแอสไพรินที่สลายไปได้ แต่คำตอบที่ได้ผิดเนื่องจากนักเรียนคำนวณตัวเลขผิดพลาดในการเปลี่ยนเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้น	นักเรียนแสดงแนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สามารถนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของสารได้
		แสดงวิธีการคิด และการเลือกใช้ช่วงของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เหมาะสมในคำนวณ	นักเรียนตอบคำถามถูกต้องแต่ขาดการอธิบายเหตุผลโดยการแสดงวิธีคิด

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์เนื้อหาการตอบคำถามเพื่อแสดงความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำแนกตามระดับคะแนน (รายละเอียดของข้อคำถามแสดงในภาคผนวก ค แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) (ต่อ)

พฤติกรรม	ระดับคะแนน	ลักษณะการตอบคำถามของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
การถ่ายโอนความรู้	2	แสดงคำถามได้อย่างถูกต้องว่า ผู้ใช้ยาได้รับยาจริงโดยประมาณ 495.68 และแสดงวิธีการคำนวณได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง พร้อมแสดงวิธีคิดในการคำนวณ
การแก้ปัญหา	0	ไม่ตอบคำถาม	นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้
		“นำบีกเกอร์ใส่น้ำ 300 ml และใส่แอสไพริน 500 mg จับเวลาทุกๆ 1 ชั่วโมง จากนั้นแบ่งสารละลายดังกล่าวออกมาทำปฏิกิริยากับ NaOH เพื่อหาความเข้มข้น ทำจนครบ 10 ชั่วโมง”	นักเรียนตอบคำถามโดยเขียนตามข้อกำหนด โดยไม่แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา จากข้อจำกัดที่กำหนดให้
	1	“เตรียมบีกเกอร์ 5 ใบ โดยแต่ละใบใช้เวลา 1-5 ชั่วโมงตามลำดับ จากนั้นนำบีกเกอร์ทั้ง 5 ใบมาทำปฏิกิริยาต่อคือ 6-10 ชั่วโมงตามลำดับการใช้งานของบีกเกอร์”	นักเรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาข้อจำกัดที่กำหนดให้ แต่การแก้ปัญหาดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมข้อจำกัดครบทุกข้อ เช่น เวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง เกิน 15 ชั่วโมง
	2	“เตรียมบีกเกอร์ 5 ใบ โดยแต่ละใบใช้เวลา 1-5 ชั่วโมงตามลำดับ จากนั้นนำบีกเกอร์ทั้ง 5 ใบมาทำปฏิกิริยาโดยใบที่ 1 เมื่อทำการทดลองเสร็จในเวลา 1 ชั่วโมง ให้ทำการทดลองต่อในเวลา 10 ชั่วโมง และ ทำเช่นนี้กับบีกเกอร์ใบอื่น โดยจับคู่ 2 กับ 9 ชั่วโมง 3 กับ 8 ชั่วโมง 4 กับ 7 ชั่วโมง และ 5 กับ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งการทดลองจะเสร็จสิ้นในเวลา 11 ชั่วโมง”	นักเรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาได้ครอบคลุมตามข้อจำกัดที่กำหนดให้ โดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาแนวทางในการทำการทดลองให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์เนื้อหาการตอบคำถามเพื่อแสดงความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำแนกตามระดับคะแนน (รายละเอียดของข้อคำถามแสดงในภาคผนวก ค แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) (ต่อ)

พฤติกรรม	ระดับคะแนน	ลักษณะการตอบคำถามของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
การทำนาย	0	ไม่ตอบคำถาม	นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้
		“ยาแอสไพริน 2 เม็ดจะสลายตัวอย่างรวดเร็วจนกระทั่งปฏิกิริยาเกิดเสร็จสิ้นก่อนยาเม็ดแอสไพริน 1 เม็ด”	นักเรียนเข้าใจว่าการใช้ความเข้มข้นมากกว่าทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว และเกิดปฏิกิริยาเสร็จสิ้นก่อน ปฏิกิริยาที่ใช้ความเข้มข้นน้อยกว่า
		“ยาแอสไพริน 2 เม็ดจะสลายตัวอย่างรวดเร็ว จนความเข้มข้นลดลงมาเท่ากับยาเม็ดแอสไพริน 1 เม็ด โดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากัน”	นักเรียนเข้าใจว่าความเข้มข้นของยาแอสไพรินที่เพิ่มขึ้น 2 เท่าจะมีอัตราเร็วในช่วงแรก จากนั้นความเข้มข้นของยาแอสไพรินจะลดลงมาเท่ากับอัตราเร็วของยาแอสไพริน 1 เม็ด ที่ระยะเวลาเดียวกัน
	1	แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของยาแอสไพริน 2 เม็ดโดยเขียนกราฟสูงกว่ากราฟที่แสดงการสลายตัวของยาแอสไพริน 1 เม็ด 1 เท่า แต่ไม่แสดงกราฟของผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้น และไม่อธิบายเหตุผล	นักเรียนเข้าใจว่าการสลายตัวของสารเมื่อความเข้มข้นมากขึ้นจะต้องใช้ระยะเวลายาวนานขึ้นในการเกิดปฏิกิริยา แต่ไม่สามารถอธิบายได้ และไม่สามารถทำนายแนวโน้มของผลิตภัณฑ์ได้
	2	แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของยาแอสไพริน 2 เม็ดโดยเขียนกราฟสูงกว่ากราฟที่แสดงการสลายตัวของยาแอสไพริน 1 เม็ด 1 เท่า และแสดงกราฟของผลิตภัณฑ์คือ กรดซาลิไซลิกกับกรดแอซิติก โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 0 โดยการเพิ่มของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 เท่ากัน แต่ในช่วงแรกจะมีความชันสูง และความชันค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา	นักเรียนแสดงการทำนายการทดลองในบริบทที่คล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันได้ว่าผลการทดลองจะออกมาเป็นเช่นใด และอธิบายการทดลองที่ได้จากการทำนายได้อย่างถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์เนื้อหาการตอบคำถามเพื่อแสดงความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำแนกตามระดับคะแนน (รายละเอียดของข้อคำถามแสดงในภาคผนวก ค แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) (ต่อ)

พฤติกรรม	ระดับคะแนน	ลักษณะการตอบคำถามของนักเรียน	ผลการวิเคราะห์
การแปลทางเคมี	0	ไม่ตอบคำถาม	นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้
	1	เขียนสมการเคมีเพื่อแสดงระดับสัญลักษณ์เท่านั้น	นักเรียนเข้าใจว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยาใด แต่ไม่สามารถแสดงลักษณะทางกายภาพ (มหภาค) หรือลักษณะจุลภาคของสารได้
	2	เขียนสมการเคมีระหว่างยาแอสไพรินกับน้ำ แสดงการละลายของยาแอสไพรินก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยา และแสดงลักษณะของอนุภาคที่เป็นสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี	นักเรียนเข้าใจปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นและสามารถเชื่อมโยงได้ทั้งระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์

จากผลการวิเคราะห์เนื้อหาที่นักเรียนตอบพบว่า นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีที่คลาดเคลื่อน และตอบคำถามไม่ครบถ้วนสมบูรณ์จึงได้คะแนนบางส่วน ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวรวบรวมจากแนวคำตอบของนักเรียนที่มีหลากหลาย และจัดรวบรวมเป็นคำตอบโดยส่วนใหญ่ที่นักเรียนตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เป็นการทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนกลุ่มทดลอง ด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยมีการทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีก่อนและหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ดังนี้

1) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับความสามารถหลังเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) และค่าที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ระดับการประเมินหลังเรียน	t
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$		
ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี	12.86	4.46	42.87	21.02	3.74	70.07	ดี	13.27*

*p < .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตารางที่ 14 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนเท่ากับ 21.02 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.07 จัดอยู่ในระดับดี โดยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนซึ่งเท่ากับ 12.86 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 42.87 ที่จัดอยู่ในระดับไม่ผ่าน จากการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบทีผลปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีก่อนเรียนและหลังเรียนโดยพิจารณาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความรู้ (2) ความเข้าใจ (3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งคะแนนเต็มเท่ากับ 7, 6, 14 และ 3 คะแนน ตามลำดับ ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับการประเมินหลังเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) และค่าที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน

พฤติกรรม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ระดับการประเมินหลังเรียน	t
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$		
1. ความรู้	2.45	1.54	34.99	4.02	1.38	57.43	ผ่าน	6.90*
2. ความเข้าใจ	2.88	1.62	47.96	4.82	1.05	80.27	ดีมาก	6.99*
3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	6.41	2.57	45.77	10.45	2.07	74.64	ดี	9.98*
4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	1.12	0.86	37.41	1.73	0.84	57.82	ผ่าน	4.40*

*p < .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตารางที่ 15 พบว่าเมื่อพิจารณารายด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดย เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้านความรู้ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับผ่าน ในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และในด้านความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเปรียบเทียบผลของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 49 คน เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ 16 คาบ คาบละ 50 นาที มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองด้วยแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี จำนวน 3 ชุด 3 หน่วยการเรียนรู้ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองด้วยแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี หลังเรียนในแต่ละหน่วย และแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ คิดเป็นจำนวนนักเรียนร้อยละ 79.59, 97.96 และ 93.88 ตามลำดับ โดยเมื่อจำแนกตามพฤติกรรมของความเข้าใจมโนทัศน์เคมีพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในพฤติกรรมด้านการให้เหตุผลเชิงลึกและการถ่ายโอนความรู้

2. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกหน่วยการเรียนรู้

3. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 70.02 จัดอยู่ในระดับดี และเมื่อจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจคิดเป็นร้อยละ 80.27 จัดอยู่ในระดับดีมาก

4. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่ากลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายช่วยพัฒนาและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี โดยอภิปรายผลการวิจัยตามลำดับดังนี้ 1) ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี และ 2) ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

1. ความเข้าใจมโนทัศน์เคมี

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายมีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขึ้นไป คือ ได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 50 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นจำนวนนักเรียนร้อยละ 79.59 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นจำนวนนักเรียนร้อยละ 97.96 และในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นจำนวนนักเรียนร้อยละ 93.88 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 และ ยังพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 สามารถอภิปรายผลได้ 2 ประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 ขั้นตอนของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย มีความเชื่อมโยงกับการพัฒนาพฤติกรรมแต่ละด้านของความเข้าใจมโนทัศน์เคมี กล่าวคือ

1. ด้านการให้เหตุผลเชิงลึก (depth) พบว่านักเรียนได้พัฒนาแนวทางการให้เหตุผลเชิงลึกจากทุกขั้นตอนของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย เนื่องนักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลในทุกขั้นตอนและอภิปรายกันภายในกลุ่มดังนี้ 1) ขั้นการทำนาย นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลแสดงสิ่งที่คาดการณ์ไว้ เป็นรายบุคคล 2) ขั้นอภิปราย นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเป็นกลุ่มผ่านการอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกัน 3) ขั้นอธิบาย นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลในระดับชั้นเรียน 4) ขั้นสังเกต นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการทำการทดลองหรือการสังเกตปรากฏการณ์ 5) ขั้นอภิปราย นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเกี่ยวกับผลการทดลองที่เกิดขึ้นกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้ในขั้นการทำนายผ่านการอภิปรายกันภายในกลุ่มและ 6) ขั้นอธิบาย นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลในระดับชั้นเรียนผ่านการอธิบายร่วมกันในห้องเรียนเพื่อหาข้อสรุป ทั้งนี้ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้และสามารถให้เหตุผลเชิงลึกเพื่อแสดงคำตอบได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Osborne (2010) ที่พบว่า การพัฒนาทักษะในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์จำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนโต้แย้งและอภิปรายร่วมกัน โดยจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

2. ด้านการถ่ายโอนความรู้ (transfer) พบว่านักเรียนได้พัฒนาแนวทางในการถ่ายโอนความรู้จากขั้นตอนการอธิบายในขั้นสุดท้าย โดยนักเรียนได้ฝึกฝนการขยายความรู้จากสิ่งที่เรียน และนำไปประยุกต์กับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gallagher (2000) ที่พบว่า การถ่ายโอนความรู้หรือการประยุกต์ความรู้ที่เรียน จำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนเกิดการฝึกฝนการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม กับปรากฏการณ์จริงในชีวิตประจำวัน

3. ด้านการแก้ปัญหา (problem solving) พบว่านักเรียนได้พัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาจากขั้นตอนการสังเกต (observe) โดยนักเรียนได้ฝึกฝนการออกแบบวิธีการทำการทดลองให้ทันตามเวลาที่กำหนด และพิจารณาแนวทางการใช้เครื่องมือทำการทดลองได้อย่างเหมาะสมโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในการเลือกแนวทางในการทำการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wilson (1987) ที่พบว่า ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการทางเคมี จำเป็นที่จะต้องให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองและแนวทางในการหาคำตอบด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้ที่ให้ปัญหา

และแนวทางในการค้นหาคำตอบเท่านั้น โดยผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาที่ผิดพลาดในครั้งแรก และพยายามหาแนวทางในการพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองในครั้งต่อไป

4. ด้านการทำนาย (predict) พบว่านักเรียนได้พัฒนาแนวทางในการทำนาย จากขั้นตอนการทำนาย การอภิปรายและการอธิบายกันภายในกลุ่ม จากขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้ฝึกฝนการใช้ความรู้เดิมในการคาดคะแนนผลการทดลองที่เกิดขึ้น ในบริบทที่ไม่เคยได้ศึกษา และรู้จักการใช้เหตุผลในการอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นว่ามีความสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับสิ่งที่ทำนายอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Coştu (2008) ที่พบว่าการให้นักเรียนได้ทำนายก่อนการเรียนเปรียบเสมือนการล้วงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนและประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจะเกิดความชัดเจนขึ้นเมื่อได้อภิปรายกันในระดับกลุ่มและในระดับชั้นเรียน จากนั้นเมื่อนักเรียนได้สังเกตปรากฏการณ์หรือทำการทดลองเพื่อให้ได้คำตอบจะส่งผลทำให้ผู้เรียนรับความรู้ใหม่และเกิดความเข้าใจที่ได้ดียิ่งขึ้น สามารถทำนายขยายความรู้ที่ได้เรียนไปสู่สถานการณ์อื่นได้

5. ด้านการแปลทางเคมี (translate) พบว่านักเรียนได้พัฒนาแนวทางในการแปลทางเคมีผ่านการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างระบบทางเคมีในระดับมหภาค, จุลภาค และสัญลักษณ์ ในขั้นการสังเกต อภิปรายและอธิบาย โดยนักเรียนได้ฝึกการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สังเกตได้จากผลการทดลองในระดับมหภาคกับแนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ซึ่งเกิดขึ้นผ่านกระบวนการอภิปรายร่วมกันในระดับกลุ่มและระดับชั้นเรียน ทั้งนี้พบว่าแนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chandrasegaran, Treagust, and Mocerino (2008) ซึ่งพบว่าการให้ผู้เรียนได้อธิบายความสัมพันธ์ของระบบหรือปฏิกิริยาเคมีผ่านระดับความสัมพันธ์ต่างๆ (ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแปลทางเคมีได้

จะเห็นได้ว่ากลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายมีความสอดคล้องกับการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เคมีในด้านต่างๆ จึงทำให้กลวิธีดังกล่าวสามารถพัฒนาผู้เรียนให้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ และมีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประเด็นที่ 2 ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย เป็นลักษณะการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ร่วมกัน

อภิปรายทั้งก่อนและหลังการสังเกตปรากฏการณ์หรือการทำการทดลอง ส่งผลทำให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม (Elicit prior knowledge) ก่อนการสร้างความรู้ใหม่ เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ซึ่งนำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง และเกิดเป็นความเข้าใจคงทน (Enduring understanding) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการให้เหตุผลเชิงลึก และการถ่ายโอนความรู้ นักเรียนมีการพัฒนาการขึ้นหลังเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kolari, Viskari, & Savander-Ranne, 2005) ที่พบว่าการใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย สามารถพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหาและความคงทนในการเรียนรู้ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Costu (2008) ยังพบว่ากลวิธีการสอน ทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมในด้านการถ่ายโอนความรู้

2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

จากผลการวิจัยสรุปว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย มีร้อยละคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีเท่ากับ 70.07 อยู่ในระดับดีเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับผลการเรียนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้สามารถอภิปรายผลการทดลองดังกล่าวได้ใน 2 ประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย เป็นรูปแบบการสอนที่มีรากฐานมาจากกลวิธีการสอนทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ซึ่งมีทฤษฎีสนับสนุนคือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) และทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information processing theory) (Savander-Ranne & Kolari, 2003) ทำให้กลวิธีการสอนดังกล่าวช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และเกิดความคงทนในการเรียนรู้ ด้วยลักษณะของกลวิธีการสอนที่มีรากฐานมาจากกลวิธีการสอน POE จึงให้ผลที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชัย ลาธิ (2556) และงานวิจัยของ ทัศวรรณ ภูผาดแร่ (2557) ที่พบว่าการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ

สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนในวิชาเคมีให้สูงกว่าก่อนเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประเด็นที่ 2 เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีตามพฤติกรรมทั้ง 4 ด้านพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีในแต่ละด้านเกิดจากการพัฒนาดังนี้

1. ด้านความรู้ พบว่านักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนในด้านนี้คิดเป็นร้อยละ 57.43 ซึ่งอยู่ในระดับผ่าน จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาพฤติกรรมทางด้านความรู้ของนักเรียน จัดอยู่ในขั้นอภิปรายและอธิบาย หลังการทดลอง เพราะเป็นขั้นที่นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังตัวอย่างในบทเรียนเรื่องแนวคิดของการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนเกิดการอภิปรายและอธิบายหลังจากการสังเกต เกิดเป็นข้อสรุปและองค์ความรู้ได้ เช่น องค์ความรู้เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีว่าปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ โมเลกุลของสารต้องเกิดการชนกันชนอย่างถูกทิศทาง และการชนกันต้องมีพลังงานในการชนอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์

2. ด้านความเข้าใจ พบว่านักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนในด้านนี้คิดเป็นร้อยละ 80.27 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก โดยตัวอย่างการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน ในบทเรียนเรื่อง ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนได้สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเมื่อใช้สารที่ความเข้มข้นมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถนำผลที่ได้จากการทดลองดังกล่าวมาอธิบายการเกิดปฏิกิริยาในระดับอนุภาคได้ว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น จะช่วยเพิ่มอัตราการชนกันของสาร ทำให้อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

3. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนในด้านนี้คิดเป็นร้อยละ 74.64 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยตัวอย่างการพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในบทเรียน เรื่อง อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนได้ฝึกทักษะการทำนายก่อนการเรียน ในประเด็นที่ว่า อุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไร ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ฝึกการตั้งสมมติฐาน และนำไปสู่การอภิปรายกันภายในกลุ่ม และทำการสังเกตหรือทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้สังเกตได้ว่านักเรียนได้ฝึกกระบวนการในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองต่อไป

4. ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พบว่านักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีหลังเรียนในด้านนี้คิดเป็นร้อยละ 57.82 ซึ่งอยู่ในระดับผ่าน โดยการพัฒนาพฤติกรรมในด้านนี้เกิดขึ้นในขั้นการอภิปรายและอธิบายหลังจากการสังเกต ซึ่งนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ประกอบกับการถ่ายโอนความรู้ที่ได้จากการเรียนไปสู่การนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างในบทเรียนเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยกำหนดเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายและแสดงเหตุผลว่าสิ่งเหล่านี้เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร เช่น การทำงานของเอนไซม์ในร่างกาย หรือการนำอาหารเข้าตู้เย็นเพื่อช่วยลดการเน่าบูด นักเรียนจะได้ร่วมกันอภิปรายและอธิบายกันในขั้นนี้

ข้อค้นพบเพิ่มเติม

จากการศึกษาและสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคลภายหลังการใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย พบว่า นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกลวิธีการสอนดังกล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนลักษณะนี้ช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาที่เรียนได้ยาวนานขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Coştu et al. (2012) ที่พบว่าการใช้กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนทำนาย-สังเกต-อธิบายเป็นฐานช่วยให้นักเรียนสามารถรับมโนทัศน์ที่ได้จากการเรียนรู้ใหม่เข้าสู่ความจำในระยะยาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่า กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีที่ดีขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การนำกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ครูจำเป็นต้องพิจารณาความเหมาะสมของบทเรียน โดยบทเรียนที่เหมาะสมกับการใช้กลวิธีการสอนนี้ ควรเป็นบทเรียนที่นักเรียนสามารถทำการทดลองหรือลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ข้อมูลจริงจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และครูควรออกแบบคำถามสำคัญให้มีความเหมาะสม โดยคำถามที่ใช้ควรเป็นคำถามที่นักเรียนสามารถทำนายคำตอบและนำไปสู่การทดสอบคำตอบได้

นอกจากนี้ ครูควรให้เวลาในขั้นการอภิปรายในระดับกลุ่มเพราะเป็นขั้นที่นำการสร้างความรู้ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบายในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีพบข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. พัฒนารูปแบบของงานวิจัยให้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย กับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ว่าส่งผลต่อความเข้าใจมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีแตกต่างกันอย่างไร

2. ศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับเจตคติและความคงทนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการใช้กลวิธีการสอนทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า กลวิธีการสอนดังกล่าวช่วยพัฒนาความพึงพอใจในการเรียนและส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาทำให้สามารถจดจำเนื้อหาที่เรียนได้ยาวนานขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

Alao, S., & Guthrie, J. T. (1999). Predicting conceptual understanding with cognitive and motivational variables. *The Journal of Educational Research,* 92, 243-254.

Arasasingham, R. D., Taagepera, M., Potter, F., & Lonjers, S. (2004). Using Knowledge Space Theory To Assess Student Understanding of Stoichiometry. *Journal of Chemical Education,* 18, 10.

Bass, J. E., Contant, T. L., & Carin, A. A. (2009). *Teaching Science as Inquiry*: Pearson Education,Inc.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.

Bybee, R., Buchwald, E., Crissman, S., Heil, D. R., Kuerbis, P. J., Matsumoto, C., & McInerey, J. D. (1989). *Science and technology education for the elementary years: Framework for curriculum and instruction*. Washington, DC: The National Center for Improving Instruction.

Cachapuz, C., & Maskill, R. (1987). Detecting changes with learning in the organization of knowledge: use of word association tests to follow the learning of collision theory. *International Journal of Science Education,* 9, 491-504.

Çakmakçı, G., Leach, J., & Donnelly, J. (2006). Students' ideas about reaction rate and its relationship with concentration or pressure. *International Journal of Science Education,* 28(15), 1795-1815.

Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction,* 15, 1-40.

Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2008). An Evaluation of a Teaching Intervention to Promote Students' Ability to Use Multiple Levels of Representation When Describing and Explaining Chemical Reactions. *Research in Science Education,* 38, 237-248.

Cos¸tu, B., Ayas, A., & Niaz, M. (2012). Investigating the effectiveness of a POE-based teaching activity on students' understanding of condensation. *Instructional Science,* 40, 47-67.

Costu, B. (2007). Comparison of Students' Performance on Algorithmic, Conceptual and Graphical Chemistry Gas Problems. *Journal of Science Education and Technology,* 16(5), 379-386.

Coştu, B. (2008). Learning Science through the PDEODE Teaching Strategy: Helping Students Make Sense of Everyday Situations. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education,* 4(1), 3-9.

Cracolice, M. S., Deming, J. C., & Ehlert, B. (2008). Concept Learning Versus Problem Solving: A Cognitive Difference. *Journal of Chemical Education,* 85(6), 873-878.

Dahsah, C., & Coll, R. K. (2007). Thai Grade 10 and 11 Students' Conceptual Understanding and Ability to Solve Stoichiometry Problems. *Research in Science & Technological Education,* 25(2), 227-241.

Danipog, D. L., & Ferido, M. B. (2011). Using Art-Based Chemistry Activities To Improve Students' Conceptual Understanding in Chemistry. *Journal of Chemical Education,* 88, 1610-1615.

De Cecco, J. P. (1968). *The Psychology of learning and instruction: Education Psychology*. Englewood: Prentice-Hill.

Domyancich, J. M. (2014). The Development of Multiple-Choice Items Consistent with the AP Chemistry Curriculum Framework To More Accurately Assess Deeper Understanding. *Journal of Chemical Education,* 91, 1347-1351.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher,* 70(6), 56-59.

Enger, S. K., & Yager, R. E. (2001). *Assessing student understanding in science: A standards-based K-12 handbook*. The United States of America: Corwin Press, Inc.

Fosnot, C. T. (1996). *Constructivism: A psychological theory of learning, in C. T. Fosnot (ed.), Constructivism: Theory, Perspectives and Practice*. New York: Teachers College Press.

Gabel, D. L. (1994). *Research on Problem solving: Chemistry. In handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan.

Gallagher, J. J. (2000). Teaching for Understanding and Application of Science Knowledge. *School Science and Mathematics,* 100(6), 310-318.

Good, C. V. (1959). *Dictionary of Education*. New York: Mc Graw-Hill.

Gou, B. (2003). Contemporary teaching strategies in general chemistry. *The China Papers,* 2, 39-41.

Gunstone, R., & White, R. (1981). Understanding of gravity. *Science Education,* 65(3), 291-299.

Haysom, J., & Bowen, M. (2010). *Predict, observe, explain: Activities enhancing scientific understanding*. Arlington, VA: NSTA Press.

Hewson, P. (1992). Conceptual change in science teaching and teacher education. Paper presented at a meeting on "Research and Curriculum Development in Science Teaching," National Center for Educational Research, Documentation, and Assessment. Madrid, Spain.

Holme, T. A., Luxford, C. J., & Brandriet, A. (2015). Defining Conceptual Understanding in General Chemistry. *Journal of Chemical Education,* 92, 1477.

Jacobsen, D., Eggen, P., Kauchak, D., & Dulaney, C. (1985). *Method for teaching a skills approach* (Columbus Ed. 2nd ed.). Ohio: Merrill.

Jacobson, W. J. (1990). *Science for Children a Book for Teachers*. New Jersey: Prentice Hall.

Johnstone, A. H. (1982). Macro- and microchemistry. *School Science Review,* 64, 377-379.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry-Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice in Europe,* 1, 9-15.

Jones, B. L. (1990). Developing a Taxonomy of Science Concepts Based on a Scale of Empirical Distance. *Research in Science Education,* 20, 161-170.

Joyce, C. (2006). Predict, observe, explain (POE). Retrieved from http://arb.nzcer.org.nz/strategies/poe.php

Karplus, B. (1977). Science teaching and the development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of education Research,* 67, 80-140.

Kaya, E. (2011). *The effect of conceptual change based instruction on students' understanding of rate of reaction concepts.* (PhD), Middle East Technical University, Turkey.

Kearney, M., & Treagust, D. F. (2000). *An investigation of the classroom use of prediction-observationexplanation computer tasks designed to elicit and promote discussion of students' conceptions of force and motion. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, USA.*

Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of learning in science*. New York: McGraw-Hill.

Kolari, S., & Savander-Ranne, C. (2004). Visualisation Promotes Apprehension and Comprehension. *International Journal of Engineering Education,* 20, 484-493.

Kolari, S., Viskari, E.-L., & Savander-Ranne, C. (2005). Improving Student Learning in an Environmental Engineering Program with a Research Study Project. *International Journal of Engineering Education,* 21(4), 702-711.

Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for Conceptual Understanding in Science*. Virginia: NSTA press.

Lawson, A. E. (2000). What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching,* 37(9), 996-1018.

Leahy, S., Lyon, C., Thompson, M., & Wiliam, D. (2005). Classroom assessment: Minute-by-minute and day-by-day. *Educational Leadership,* 63(3), 18-24.

Lower, S. (2006). Chem1 General Chemistry Virtual Textbook. Retrieved from http://www.chem1.com/acad/webtext/pre/chemsci.html

Margolis, E., & Laurence, S. (2014). *Stanford Encyclopedia of Philosophy*: Metaphysics Research Lab at Stanford University.

Mayer, R. E. (1999). *The Promise of Educational Psychology: Learning in the Content Area*. New Jersey: Prentice-Hall.

Michaels, S., Shouse, A., & Schweingruber, H. (2008). *Ready, set, SCIENCE! Putting research to work in K–8 science classrooms*. Washington, DC: National Academies Press.

Nehm, R. H., & Schonfeld, I. S. (2008). Measuring Knowledge of Natural Selection: A Comparison of the CINS, an Open-Response Instrument, and an Oral Interview. *Journal of Research in Science Teaching,* 45(10), 1131-1160.

Nitko, J. A. (2007). *Educational Assessment of Students*. Upper Saddle River, N.J: Pearson Merrill Prentice Hall.

Novak, J., & Canas, A. (2006). *The theory underlying concept maps and how to construct them*. Pensacola: Institute for Human and Machine Cognition.

Odum, A. L., & Kelly, P. V. (2001). Integrating Concept Mapping and The Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concept to High School Biology Students. *Science Education,* 85, 615-635.

Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science,* 328(5977), 463-466.

Paris, S. G., Cross, D. R., & Lipson, M. Y. (1984). Informed strategies for learning: A program to improve children's reading awareness and comprehension. *Journal of Educational Psychology,* 76, 1239-1252.

Pine, A. L. (1985). *Toward a taxonomy of conceptual relations and other implications for the evaluation of cognitive structures. In Cognitive structures and conceptual change*. Orlando: Academic Press.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education,* 66(2), 211-227.

Romey, W. D. (1968). *Inquiry Techniques for Teaching Science*. New Jersey: Prentice - Hall.

Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Conceptual Versus Algorithmic Problem-solving: Focusing on Problems Dealing with Conservation of Matter in Chemistry. *Research in Science Education,* 41, 587-609.

Sanger, M. J. (2005). Evaluating Students' Conceptual Understanding of Balanced Equations and Stoichiometric Ratios Using a Particulate Drawing. *Journal of Chemical Education,* 82, 1.

Savander-Ranne, C., & Kolari, S. (2003). Promoting the conceptual understanding of engineering students through visualisation. *Global Journal of Engineering Education,* 7(2), 189-199.

Stamovlasis, D., Tsaparlis, G., Kamilatos, C., Papaoikonomou, D., & Zarotiadou, E. (2005). Conceptual Understanding Versus Algorithmic Problem Solving: Further Evidence from a National Chemistry Examination. *Chemistry Education Research and Practice,* 6(2), 104-118.

Stepans, J., Saigo, B., & Ebert, C. (1999). *Changing the classroom from within*: *Partnership, collegiality, and constructivism*. Montgomery, AL: Saiwood.

UNESCO. (2014). Science for a Sustainable Future. Retrieved from http://en.unesco.org/themes/science-sustainable-future

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London and New York: The Falmer Press.

Wiemen, C. (2008). Science education in the 21st century using the tools of science to teach science. Forum for the future of higher education. Retrieved from https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ff0814s.pdf

Wilson, H. (1987). Problem-Solving Laboratory Exercises. *Journal of Chemical Education,* 64(10), 895-896.

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551ก). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: สานักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สานักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551ข). *เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด : ทฤษฎีและการนำไปใช้*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทัศวรรณ ภูผาดแร่. (2557). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2537). *หน่วยที่ 1 ประวัติ ปรัชญา และวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์ ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-4*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ปพิชญา ปากเมย. (2556). *การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict – Observe – Explain (POE)* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น, วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

วิชัย ลาธิ. (2556). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี,* 24, 29-52.

สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2558ข). *ค่าสถิติพื้นฐานผลคะแนนการทดสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ปีการศึกษา 2559 จำแนกตามวิชา*. สืบค้นจาก http://www.niets.or.th/th/content/view/1630

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *สรุปผลการวิจัยโครงการ* TIMSS *2011 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สมุทรปราการ: แอดวานซ์พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012*. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน. (2555). *วิพากษ์ปรากฏการณ์ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทย โดย ทอม คอร์คอแรน*. สืบค้นจาก http://www.qlf.or.th/Home/Contents/499

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2558ก). *ค่าสถิติพื้นฐานคะแนนโอเน็ต (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2557*. สืบค้นจาก http://www.niets.or.th/index.php/research_th

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็น ในศตวรรษที่ 21. *สสวท.,* 42(185), 10-13.

สุวัฒน์ นิยมค้า. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1-2*. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ศรี สุภาษร	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อาจารย์ ดร. สลา สามิภักดิ์	อาจารย์ประจำภาควิชาสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ชื่นจิตร เดชอุดม	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์วิชาเคมี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง	อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัตน์ ทานาค	อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ธัญรัศมิ์ จิตรจรัสพร	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

อาจารย์ ดร. จิตตมาส สุขแสวง	อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร. ต่อศักดิ์ ล้วนไพศาลนนท์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
อาจารย์ สุรพร เก็งทอง	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รายวิชา เพิ่มเติม เคมี 3 รหัสวิชา ว30227
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ระยะเวลา 100 นาที จำนวน 2 คาบเรียน	ผู้สอน นายเมธิน อินทรประสิทธิ์

<u>สาระการเรียนรู้ มาตรฐาน และตัวชี้วัด</u>

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 3.1 ม.4-6/2 ทดลองและอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และ สิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ว 8.1 ม.4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4-6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ว 8.1 ม.4-6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4-6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ว 8.1 ม.4-6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

สาระสำคัญ พื้นที่ผิวส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่มีมากทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วกว่าพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่มีน้อย

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อนักเรียนเรียนเรื่องนี้จบแล้ว นักเรียนสามารถ

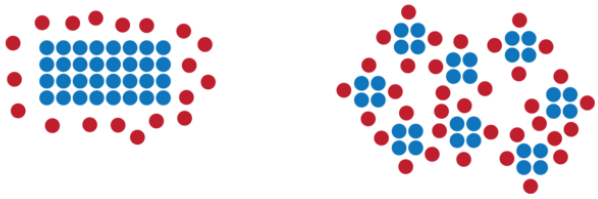
1. อธิบายผลของพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของพื้นที่ผิวของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
3. สรุปผลของพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
4. นำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้
5. ทำนายและอธิบายพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสถานอื่นได้
6. แก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์เรื่องพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณได้
7. แสดงแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>เนื้อหา/สาระ</u>

ด้านความรู้

พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สารตั้งต้นที่มีพื้นที่ผิวมากจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงกว่าสารตั้งต้นที่มีพื้นที่ผิวน้อย



ก. **ข.**

รูปแสดงพื้นที่ผิวกับการเกิดปฏิกิริยา

ก. พื้นที่ผิวน้อยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้น (สีแดงและน้ำเงิน) เกิดได้น้อย

ข. พื้นที่ผิวมากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้น (สีแดงและน้ำเงิน) เกิดได้มาก

ด้านกระบวนการ

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนมีสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร: การอภิปรายภายในกลุ่มและการอภิปรายหน้าชั้นเรียน
2. ความสามารถในการคิด: การคิดอย่างมีวิจารณญาณ, การคิดวิเคราะห์
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา: การแก้ปัญหาในห้องปฏิบัติการ
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต: ทักษะการร่วมมือกันภายในกลุ่ม
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี: -

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน
4. มีจิตสาธารณะ

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

1. ขั้นทำนาย (Predict) (10 นาที)

1.1 ครูให้นักเรียนพิจารณายาลดกรดชนิดเม็ดซึ่งมีสารโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เป็นองค์ประกอบจากนั้นตั้งคำถาม แล้วให้นักเรียนตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมดังนี้

1) การละลายน้ำของยาลดกรดเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับน้ำ และเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร

$$(NaHCO_3\ (aq) + H_2O\ (l) \longrightarrow NaOH\ (aq) + CO_2\ (aq) + H_2O\ \ (l))$$

2) นักเรียนคิดว่า ยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติและแบบที่บดเป็นผงในปริมาณที่เท่ากัน มีอัตราการทำปฏิกิริยากับน้ำที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (นักเรียนแต่ละคนอาจทำนายอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน เช่น การทำปฏิกิริยาดังกล่าว ควรมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เหมือนกัน เนื่องจากใช้สารตั้งต้นชนิดเดียวกัน ภาชนะใบเดียวกันในการทำปฏิกิริยา หรือนักเรียน อาจคาดคะเนว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยามีความแตกต่างกันโดยยาลดกรดชนิดเม็ดแบบที่บดเป็นผงควรมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่สูงกว่ายาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติ)

2. ขั้นอภิปราย (Discuss) (10 นาที)

ครูให้นักเรียนแต่ละคนจับกลุ่ม กลุ่มละ 6-7 คน และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบกับเพื่อนในกลุ่มว่า ยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติกับแบบที่บดเป็นผงในปริมาณที่เท่ากัน เมื่อนำไปละลายน้ำ จะส่งผลต่ออัตราการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือไม่ อย่างไร (จากการอภิปรายภายในกลุ่มนักเรียนสามารถอภิปรายได้ว่า ยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติกับยาลดกรดชนิดเม็ดแบบที่บดเป็นผง มีอัตราการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน โดยยาลดกรดแบบบดเป็นผงน่าจะมีอัตราการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า ยาลดกรดชนิด)

3. ขั้นอธิบาย (Explain) (10 นาที)

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แสดงคำตอบที่ได้จากการอภิปรายภายในกลุ่ม ให้ได้เป็นคำตอบของชั้นห้องเรียน จากนั้นครูสอบถามนักเรียน เพิ่มเติมว่า มีนักเรียนกลุ่มใดที่คิดแตกต่างจากคำตอบที่ได้จากห้องเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบที่ได้จากห้องเรียนโดยครูไม่ชี้แนะว่าคำตอบที่ได้ถูกหรือผิด

4. ขั้นสังเกต (Observe) (40 นาที)

4.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรื่อง พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่คาดการณ์ไว้ในข้างต้น โดยครูชี้แจงวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ จากนั้นครูให้นักเรียนออกแบบวิธีทำการทดลอง และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ จากนั้นร่วมกันสรุปและวิธีทำการทดลองที่สะดวกและรวดเร็ว ตามแบบบันทึกกิจกรรมที่ 5 เรื่องพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

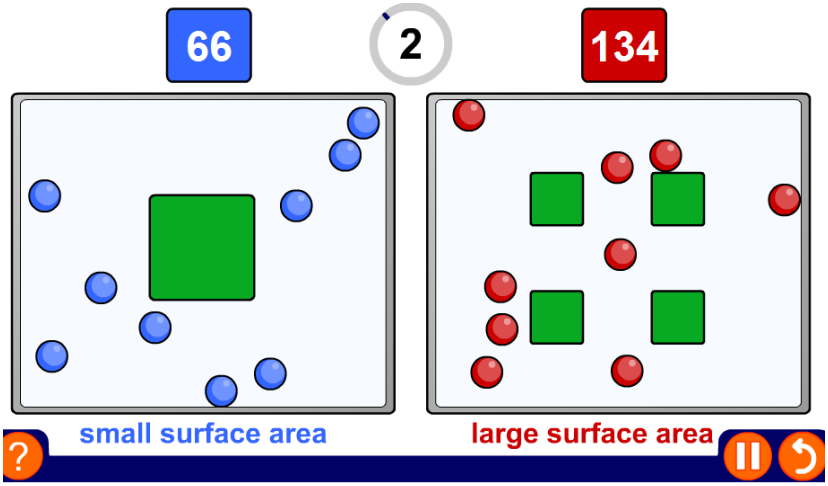
4.2 ครูชี้แจงข้อควรระวังในการทำการทดลอง เช่น การจับเข็มฉีดยาในขณะที่เกิดแก๊ส เพื่อป้องกันไม่ให้เข็มฉีดยาหลุดออกจากขวดที่ใช้ทำปฏิกิริยา และให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองให้เรียบร้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเสร็จ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุประยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติ กับแบบที่บดเป็นผง จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงวิธีคำนวณเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติและแบบที่บดเป็นผง ลงในใบกิจกรรม และตอบคำถามท้ายการทดลอง

5. ขั้นอภิปราย (Discuss) (10 นาที)

ครูให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลองที่ได้ ภายในกลุ่มและหาข้อสรุปว่าจากการทดลองที่เกิดขึ้น ผลที่ได้เหมือนหรือแตกต่างจากคำตอบที่คาดไว้ในตอนแรกหรือไม่ ในขั้นตอนนี้ครูใช้ ภาพ animation เพื่อแสดงให้นักเรียนเห็นถึงอิทธิพลของพื้นที่ผิวที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้



(GCSE Additional Science; Boardworks Ltd, 2007)

(สิ่งที่นักเรียนควรอภิปรายได้หลักจากการทดลองควรสรุปได้ดังนี้ สารตั้งต้นที่มีพื้นที่ผิวมากจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สูงกว่าสารตั้งต้นที่มีพื้นที่ผิวน้อย โดยพื้นที่ผิวของสารที่มากขึ้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการชนกันของอนุภาคได้มากขึ้นทำให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยามีมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น)

6. ขั้นอธิบาย (Explain) (20 นาที)

6.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากการทดลองกับคำตอบที่ได้จากการคาดการณ์ไว้ก่อนการทำการทดลองว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จนได้เป็นข้อสรุปของห้องเรียน

6.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอว่าเหตุการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้สามารถใช้ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวกับอัตราการปฏิกิริยาเคมีมาอธิบายได้อย่างไร

1) แผ่นสังกะสีที่วางซ้อนกันจะขึ้นสนิมช้ากว่าแผ่นสังกะสีที่วางแยกกัน

2) ในการทำอาหารถ้าใช้หมูสับจะสุกเร็วกว่าหมูชิ้น

3) ท่อนไม้ขนาดใหญ่เผาไหม้ช้ากว่าท่อนไม้ที่สับละเอียด

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1. แบบบันทึกการทดลอง เรื่อง พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. อุปกรณ์การทดลองและสารเคมีที่ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อุปกรณ์ที่ใช้	จำนวน
1. หลอดฉีดยาขนาด 20 ml	1
2. ขวดทรงกระบอกขนาดเล็กพร้อมฝา	2
3. บีกเกอร์ขนาด 50 ml	1
4. เข็มฉีดยา	2

สารเคมีที่ใช้ / กลุ่ม
1. ยาลดกรดชนิดเม็ดจำนวน 2 เม็ด
2. น้ำกลั่น

3. สื่อ animation แสดงพื้นที่ผิวของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (GCSE Additional Science; Boardworks Ltd, 2007)

<u>การวัดและการประเมินผล</u>

1. ประเมินความรู้ความเข้าใจโดยใช้แบบบันทึกกิจกรรม
2. ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์เคมีโดยใช้แบบบันทึกกิจกรรม
3. ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมีโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี (วัดหลังเรียน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 5

เรื่อง พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

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

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. ทำนาย (Predict)

ยาลดกรดอัดเม็ดโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) จำเป็นจะต้องละลายน้ำก่อนการรับประทาน

1.1 การละลายน้ำของยาลดกรดเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กับน้ำ และเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) นักเรียนสามารถเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 นักเรียนคิดว่า ยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติและแบบที่บดเป็นผงมีอัตราการละลายที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. อภิปราย (Discuss) / 3. อธิบาย (Explain)

ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มว่าสิ่งใดเป็นข้อแตกต่างระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติและแบบที่บดเป็นผง และข้อแตกต่างดังกล่าว ส่งผลต่ออัตราการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้หลังเกิดปฏิกิริยากับน้ำ หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. สังเกต (Observe)

นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษารายละเอียดของการทำการทดลองให้เข้าใจ และเตรียมอุปกรณ์ให้ครบถ้วน

อุปกรณ์ที่ใช้	จำนวน
1. หลอดฉีดยาขนาด 20 ml	1
2. ขวดทรงกระบอกขนาดเล็กพร้อมฝา	2
3. บีกเกอร์ขนาด 50 ml	1
4. เข็มฉีดยา	2

สารเคมีที่ใช้ / กลุ่ม
1. ยาลดกรดชนิดเม็ดจำนวน 2 เม็ด
2. น้ำกลั่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการทำการทดลอง

1) เตรียมยาลดกรดชนิดเม็ดใส่ลงในขวดทรงกระบอกขนาดเล็ก โดยกระบอกแรกใส่ยาลดกรดชนิดเม็ดตามปกติ อีกกระบอกบดยาลดกรดชนิดเม็ดให้ละเอียด

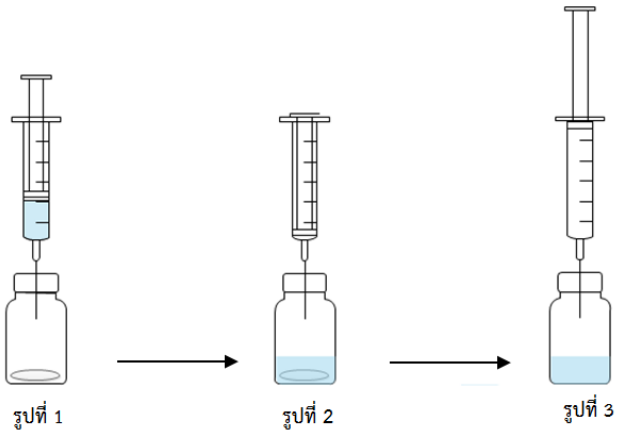
2) ใช้เข็มฉีดยาเข็มหนึ่ง เจาะรูบนฝาเพียง 1 รู

3) ต่อเข็มฉีดยาเข้ากับหลอดฉีดยา จากนั้นดูดน้ำประมาณ 10 cm^3

4) นำกระบอกฉีดยาที่ดูดน้ำแล้ว ฉีดลงในขวดทรงกระบอกที่เจาะรูไว้ โดยพยายามไม่ให้กระบอกเกิดการรั่วไหลของแก๊ส

5) จับเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มฉีดน้ำลงในขวดทรงกระบอก (รูปที่ 2) จนกระทั่งก้านกระบอกฉีดยาถูกดันจนสุดด้านแก๊สที่เกิดขึ้น (รูปที่ 3)

6) ทำการทดลองเช่นเดิม แต่ใช้ยาเม็ดที่บดละเอียดจากนั้นเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้จากทั้ง 2 การทดลอง



ตารางบันทึกผลการทดลอง

	ยาลดกรดชนิดเม็ด (ไม่บดละเอียด)	ยาลดกรดชนิดเม็ด (บดละเอียด)
ระยะเวลาที่ใช้ (วินาที)		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แสดงการคำนวณเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติและแบบที่บดเป็นผง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังทำการทดลอง

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ดแบบไม่บดละเอียดกับน้ำ แตกต่างกับการใช้ยาลดกรดแบบบดละเอียดหรือไม่ อย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

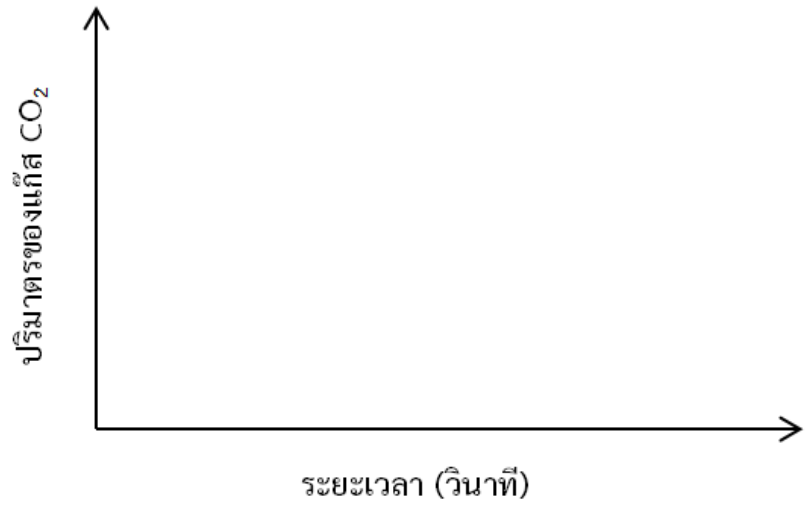
2. จากผลการทดลองนี้ นักเรียนสรุปได้ว่าอย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

3. กราฟแสดงแนวโน้มของปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นกับเวลา ระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ดแบบปกติ และแบบบดเป็นผง กับน้ำ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร (เขียนเปรียบเทียบกันทั้ง 2 กราฟ)



5. อภิปราย (Discuss) / 6. อธิบาย (Explain)

นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มว่า ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลจากการทำนายหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เคมี

เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบนี้มีทั้งหมด 13 หน้า จำนวน 30 ข้อ
คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 50 นาที

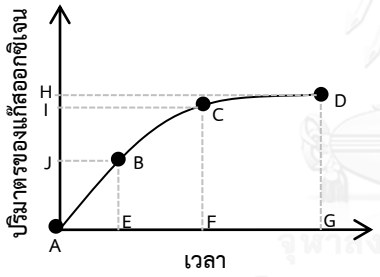
<u>คำสั่ง</u> ข้อสอบเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

---

1. จากปฏิกิริยาการสลายตัวของแก๊ส NO_2 ดังสมการ (ความเข้าใจ)

$$2NO_2\,(g) \longrightarrow 2NO\,(g) + O_2\,(g)$$

ถ้าวัดปริมาณความเข้มข้นของแก๊ส O_2 ที่เกิดขึ้นได้ดังกราฟ ข้อความใดบ้างกล่าวถูกต้อง



1. อัตราการเกิดแก๊ส O_2 แต่ละช่วงเวลามีค่าเท่ากัน คือ $\frac{H}{G}$
2. อัตราการเกิดแก๊ส O_2 เฉลี่ยเท่ากับ $\frac{H}{G}$
3. อัตราการเกิดแก๊ส O_2 ณ จุด B มีค่ามากกว่า อัตราการเกิดแก๊ส O_2 ณ จุด C
4. อัตราการเกิดแก๊ส O_2 เฉลี่ยจากจุด A ถึง จุด B มีค่าเท่ากับอัตราการเกิดแก๊ส O_2 เฉลี่ยจากจุด B ถึงจุด C คือ $\frac{I}{F}$

ก. 1, 2 และ 4 ข. 2, 3 และ 4 ค. 2 และ 3 ง. 3 และ 4

2. ในปฏิกิริยา $Mg\,(s) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow MgCl_2\,(aq) + H_2\,(g)$ ถ้าเริ่มต้นปฏิกิริยาโดยการใส่โลหะแมกนีเซียม ลงในกรดไฮโดรคลอริก ข้อความใด **<u>กล่าวไม่ถูกต้อง</u>** (ความรู้)

ก. อัตราการลดลงของโลหะแมกนีเซียม มีค่าเท่ากับอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจน

ข. อัตราการเปลี่ยนแปลงของโลหะแมกนีเซียม = $\frac{\text{ปริมาณของโลหะแมกนีเซียมที่เปลี่ยนแปลงไป}}{\text{ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา}}$

ค. อัตราการลดลงของกรดไฮโดรคลอริกมีค่าเป็นสองเท่าของอัตราการลดลงของโลหะแมกนีเซียม

ง. อัตราการเกิดเกลือ $MgCl_2$ ไม่เท่ากับอัตราการเกิดแก๊ส H_2

9. ข้อความใดกล่าวถูกต้อง (ความรู้)

ก. ถ้าอนุภาคมีการชนกันในทิศทางที่เหมาะสมปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ทันที

ข. ในปฏิกิริยาการดูดความร้อนจะใช้พลังงานก่อกัมมันต์ (Ea) มากกว่าปฏิกิริยาการคายความร้อน

ค. สารเชิงซ้อนกัมมันต์เป็นสารที่เกิดขึ้นระหว่างการทำปฏิกิริยา และอยู่ในสภาวะที่มีพลังงานต่ำที่สุดในปฏิกิริยา

ง. เมื่อให้พลังงานเข้าไปมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์ ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้

11. การกระทำใดต่อไปนี้ที่ **<u>ไม่ส่งผล</u>** ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (การนำไปใช้)

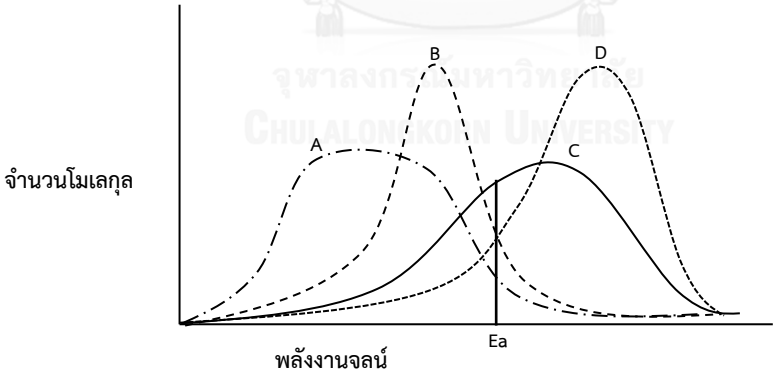
ก. นำผลไม้ไปแช่ตู้เย็น

ข. เคี้ยวยาลดกรดชนิดเม็ดให้ละเอียดก่อนกลืน

ค. ใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ช่วยในการบ่มผลไม้

ง. เปลี่ยนภาชนะที่บรรจุสารละลายที่ทำปฏิกิริยา

13. จงเรียงลำดับโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ *A B C* และ *D* จากมากไปน้อย เมื่อกำหนดให้พลังงานกระตุ้น (Ea) แสดงในกราฟ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์)



ก. A > B > C > D

ข. D > C > B > A

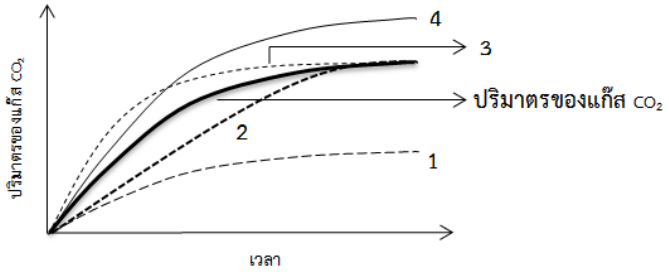
ค. C > D > B > A

ง. A > C > B > D

18. ในการทำปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต (หินปูน) กับกรดไฮโดรคลอริกเป็นไปตามสมการดังนี้

$$CaCO_3\,(s) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow CaCl_2\,(aq) + H_2O\,(l) + CO_2\,(g)$$

ถ้าเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊ส CO_2 ที่เกิดขึ้นกับเวลาซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาพอดีระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดไฮโดรคลอริก พบว่าได้กราฟดังนี้



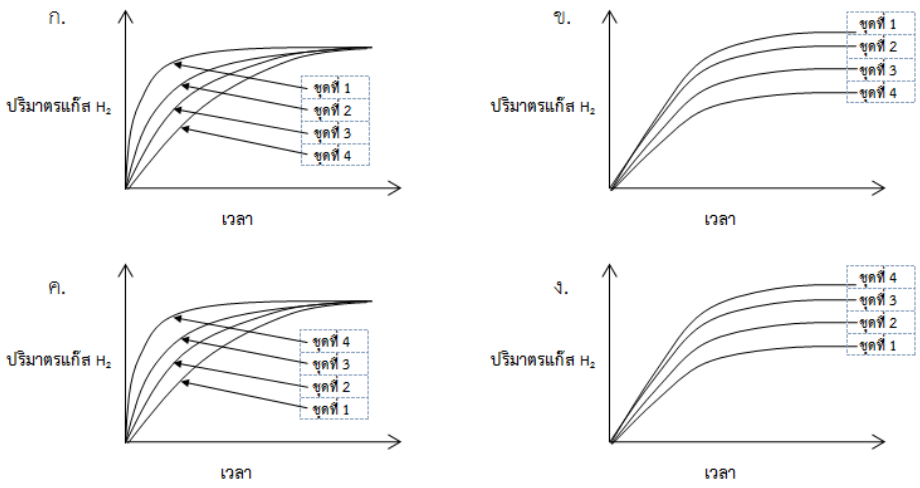
หากทำการทดลองเพิ่มเติมโดยเปลี่ยนเฉพาะความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกให้สูงขึ้น กราฟที่ได้จากการทดลองควรได้ตามหมายเลขใด (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4

22. โลหะแมกนีเซียม 4 ชุด ที่มีมวลเท่ากันแต่มีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

ชุดที่ 1 **ชุดที่ 2** **ชุดที่ 3** **ชุดที่ 4**

หากนำโลหะแมกนีเซียมทั้ง 4 ชุดมาทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกที่เหมือนกัน 4 การทดลอง กราฟในข้อใดที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นกับเวลา ได้ถูกต้อง (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์)



23. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้อง (การนำไปใช้)

ก. เหล็กที่มวลเท่ากัน รูปทรงกลมจะเป็นสนิมง่ายกว่ารูปแผ่นสี่เหลี่ยมแบน

ข. ยาเม็ดมีอัตราการปลดปล่อยตัวยาช้ากว่ายาน้ำ

ค. ท่อนไม้ขนาดใหญ่เผาไหม้ได้ง่ายกว่าท่อนฟื้นขนาดเล็ก

ง. การบดยาลดกรดให้ละเอียดก่อนละลายน้ำทำให้เกิดฟองแก๊สมากขึ้น

25. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าว <u>ไม่ถูกต้อง</u> (ความเข้าใจ)

ก. ในปฏิกิริยาที่คายพลังงาน การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง

ข. ที่อุณหภูมิสูงปฏิกิริยาจะเกิดเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

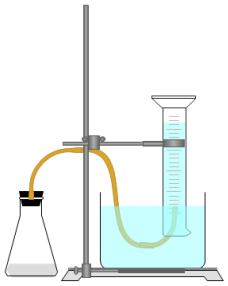
ค. การเพิ่มอุณหภูมิส่งผลต่อค่าคงที่อัตรา

ง. การเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลเกิดการชนกันได้มากขึ้น

27. ในการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เกิดเป็นน้ำ และแก๊สออกซิเจนมีสมการการสลายตัวดังนี้ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

$$2H_2O_2\ (l) \longrightarrow 2H_2O\ (l) + O_2\ (g)$$

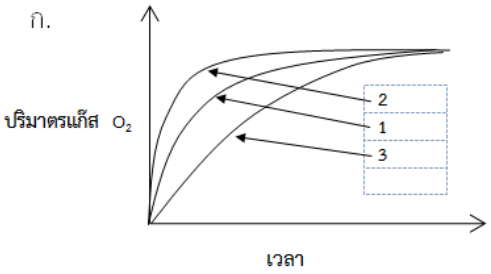
ถ้าทำการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง โดยจัดการทดลอง ดังภาพและตาราง



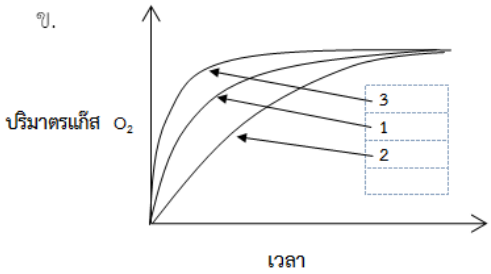
การทดลองที่	สารตั้งต้นที่ใช้
1	H_2O_2 (l) 50 cm^3
2	H_2O_2 (l) 50 cm^3 + ตัวเร่งปฏิกิริยา
3	H_2O_2 (l) 50 cm^3 + ตัวหน่วงปฏิกิริยา

ข้อใดคือกราฟที่เป็นไปได้ระหว่างปริมาตรแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้นกับเวลา

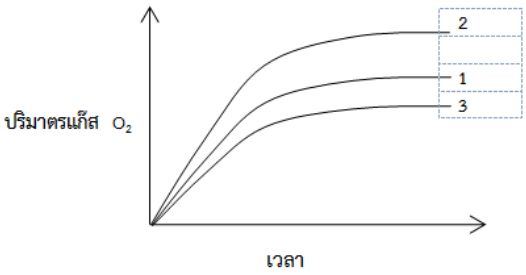
ก.



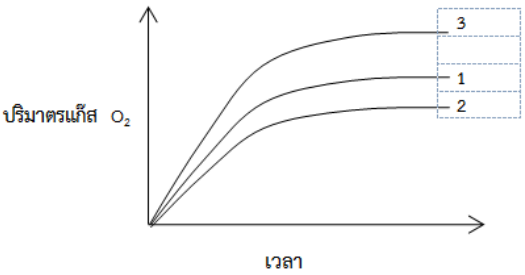
ข.



ค.



ง.



แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมี (ตัวอย่าง)

เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำชี้แจง

1. แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เคมีนี้มีทั้งหมด 4 หน้า
2. ใช้เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ 30 นาที
3. แบบวัดนี้เป็นข้อเขียนจำนวน 5 ข้อ อ่านคำถามให้เข้าใจและเขียนอธิบายพร้อมแสดงวิธีทำโดยละเอียด
4. ใช้ข้อมูลประกอบคำถามที่กำหนดให้ในการตอบคำถามทั้ง 5 ข้อ

ข้อมูลประกอบคำถาม

ยาแอสไพรินเป็นยาที่ใช้บรรเทาอาการปวดของร่างกาย ยาชนิดนี้สามารถทำปฏิกิริยาได้กับน้ำดังสมการ

แอสไพริน ($C_9H_8O_4$) + น้ำ (H_2O) $\longrightarrow$ กรดซาลิไซลิก ($C_7H_6O_3$) + กรดแอซีติก ($C_2H_4O_2$)

Chulalongkorn University

เมื่อให้แอสไพรินทำปฏิกิริยากับน้ำที่ pH 7.0 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกที่เกิดขึ้น เป็นดังนี้

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิก (โมล / ลูกบาศก์เดซิเมตร)
0	0
2	0.04×10^{-3}
5	0.10×10^{-3}
8	0.25×10^{-3}
10	0.27×10^{-3}

ข้อคำถาม

1. หากพิจารณาอัตราการการเปลี่ยนแปลงของกรดซาลิไซลิกที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแอสไพรินกับน้ำ ค่าที่ได้มีแนวโน้มเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงมีแนวโน้มเช่นนั้น (การให้เหตุผลเชิงลึก)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ในบางกรณีผู้ใช้ยาแก้ปวดบางรายนิยมนำยาไปละลายน้ำก่อนรับประทาน หากผู้ใช้ยานำยาแอสไพรินชนิดเม็ด 500 มิลลิกรัม ไปละลายน้ำ 300 มิลลิลิตร ก่อนการรับประทาน โดยปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ผู้ใช้ยาจะได้รับตัวยานี้จริงโดยประมาณกี่มิลลิกรัม และการกระทำดังกล่าวจะส่งผลอย่างไร ต่อผู้ใช้ยา หากผู้ใช้ยาแอสไพรินควรได้รับตัวยาประมาณ 350 มิลลิกรัม เพื่อบรรเทาอาการปวด (การถ่ายโอนความรู้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการวัดอัตราการสลายตัวของยาเม็ดแอสไพริน 500 มิลลิกรัม ในน้ำ 300 มิลลิลิตร โดยละเอียดตั้งแต่ 0-10 ชั่วโมง ควรออกแบบวิธีการทดลองอย่างไร ทั้งนี้สามารถวาดภาพประกอบเพื่อแสดงแนวทางในการออกแบบการทดลองได้ (ความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิก และกรดแอซิติก สามารถหาได้โดยใช้การทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน) (การแก้ปัญหา)

<u>หมายเหตุ</u> เนื่องจากการทดลองจำเป็นต้องใช้ผลการทดลองอย่างเร่งด่วนและมีอุปกรณ์ทดลองมีไม่มากพอ จึงมีข้อจำกัดในการทดลองดังนี้

1) การทำการทดลองต้องเสร็จภายในเวลาไม่เกิน 14 ชั่วโมง

2) ต้องได้ผลการทดลองครบทุกชั่วโมงตั้งแต่ 0-10 ชม.

3) สามารถใช้บีกเกอร์ได้ไม่เกิน 5 ใบ เท่านั้น

4) ยาแอสไพรินที่ใช้สามารถใช้ได้มากกว่า 1 เม็ด โดยแต่ละเม็ดมีลักษณะเหมือนกัน

5) การหาความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิก และกรดแอซิติก จะต้องใช้สารละลายที่จะตรวจสอบอย่างน้อย 250 มิลลิลิตร

6) ไม่ต้องทำการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. เมื่อนำยาแอสไพรินจำนวน 1 เม็ด ละลายในน้ำ ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอสไพรินกับเวลาดังภาพ หากละลายแอสไพรินเช่นเดิม แต่ใส่แอสไพรินเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และศึกษาความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดที่เปลี่ยนแปลงไปในระบบ สารแต่ละชนิดควรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ให้แสดงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอสไพรินที่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า กับเวลา และ ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นกับเวลาลงในกราฟเดียวกัน พร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงของแอสไพรินที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าว่าเหมือนหรือแตกต่างจากเดิมอย่างไร (การทำนาย)

.....

.....

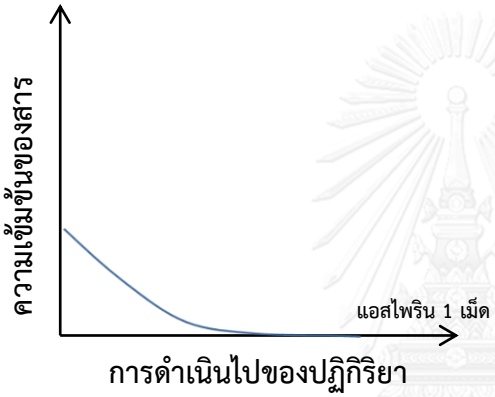
.....

.....

.....

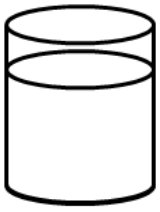
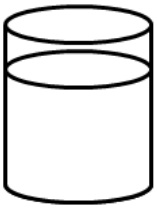
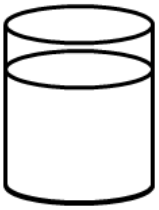
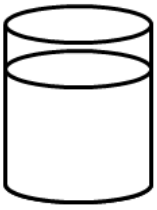
.....

.....



5. ในการละลายยาเม็ดแอสไพริน ($C_9H_8O_4$) ลงในน้ำ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งก่อนการเกิดปฏิกิริยาและหลังการเกิดปฏิกิริยา สามารถอธิบายโดยใช้ 1) สมการเคมี 2) การเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นได้ และ 3) การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคในระบบ ได้อย่างไร (การแปลทางเคมี)

5.1 สมการเคมี

5.2 การเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นได้			5.3 การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคในระบบ	
ก่อนเกิดปฏิกิริยา	หลังเกิดปฏิกิริยา		ก่อนเกิดปฏิกิริยา	หลังเกิดปฏิกิริยา
				

<u>แนวคำตอบ</u>

ข้อที่ 1 เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดซาลิไซลิกที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาพบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดซาลิไซลิกจะมีค่ามากในช่วงแรก และเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป กล่าวคือในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยา กรดซาลิไซลิกจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราของการเกิดขึ้นของกรดซาลิไซลิกจะเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เนื่องจาก ในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยามีปริมาณของสารตั้งต้นอยู่มาก ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสามารถเกิดได้อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของสารตั้งต้นน้อยลง ทำให้การเกิดปฏิกิริยาเกิดช้าลง อัตราการเกิดกรดซาลิไซลิกจึงมีค่าน้อยลงด้วย

ข้อที่ 2 ควรเลือกช่วงอัตราการสลายตัวของแอสไพรินโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 0-5 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.02×10^{-3} mol dm^{-3}/ชม. เพราะมีความแม่นยำในการทำนายสูง

จากอัตราการสลายตัวของแอสไพริน 0.02×10^{-3} mol dm^{-3}/ชม. $= \frac{0.02\times10^{-3}\ \cancel{mol/dm^3}}{1\ \text{ชม.}} \times \frac{180\ \text{g}}{1\ \cancel{\text{mol}}} \times \frac{1\ \cancel{dm^3}}{1000\ cm^3}$

$= 0.0036 \times 10^{-3}$ g cm^{-3} / ชม.

ดังนั้นอัตราการสลายตัวของแอสไพรินเฉลี่ย คิดเป็น 0.0036×10^{-3} g cm^{-3} / ชม.

เนื่องจากการสลายตัวของแอสไพรินเกิดในปริมาตร 300 cm^3 ดังนั้นจะได้ว่า

อัตราการสลายตัวของแอสไพริน $= 0.0036 \times 10^{-3}$ g cm^{-3} / ชม. X 300 cm^3

$= 1.08 \times 10^{-3}$ g cm^{-3} / ชม.

$= 1.08$ mg cm^{-3} / ชม.

ถ้านำแอสไพรินไปละลายน้ำเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงจะเกิดการสลายตัวดังนี้

ปริมาณของแอสไพรินที่สลายตัว $= 1.08$ mg cm^{-3} / ~~ชม.~~ X 4 ~~ชม.~~

$= 4.32$ mg

ดังนั้น หากทานยาขนาด 500 มิลลิกรัม โดยการนำไปละลายน้ำ ตัวยาที่จะได้รับจริง คือ 500-4.32 = 495.68 มิลลิกรัม ซึ่งเพียงพอต่อการบรรเทาอาการปวด แต่การนำยาแอสไพรินไปละลายน้ำก่อนรับประทาน จะส่งผลทำให้ผู้ใช้ยาได้รับยาไม่เท่ากับปริมาณที่ใช้ และยังได้รับสารอื่นๆ เข้าสู่ร่างกายเช่น กรดซาลิไซลิก ($C_7H_6O_3$) หรือ กรดแอซีติก ($C_2H_4O_2$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 3 การออกแบบการทดลองควรมีลักษณะดังนี้

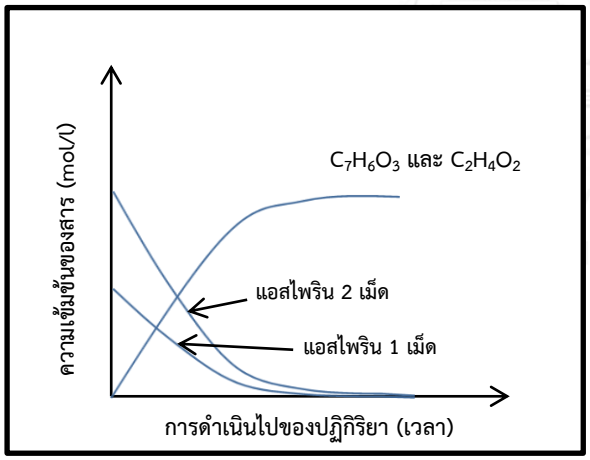
1. เตรียมบีกเกอร์ 5 ใบใส่น้ำ 300 มิลลิลิตร จากนั้นใส่แอสไพรินทุกบีกเกอร์ บีกเกอร์ละ 1 เม็ด

2. จับเวลาจนได้ตามระยะเวลาที่ต้องการ จากนั้นนำยาแอสไพรินออกจากบีกเกอร์แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิก และกรดแอซิติก

3. การใช้บีกเกอร์ในแต่ละรอบควรวางแผนดังนี้เพื่อให้ทันภายใน 14 ชั่วโมง

บีกเกอร์ใบที่ / รอบที่	1	2	3	4	5
1	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง
2	10 ชั่วโมง	9 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	7 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
รวมเวลาที่ใช้	11 ชั่วโมง	11 ชั่วโมง	11 ชั่วโมง	11 ชั่วโมง	11 ชั่วโมง

ข้อที่ 4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของสารแต่ละชนิดกับเวลา



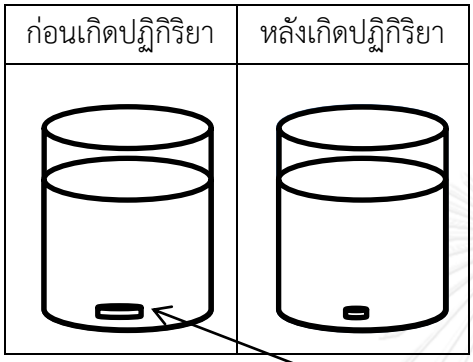
จากกราฟเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของแอสไพรินกับเวลาพบว่าความเข้มข้นของแอสไพรินจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และเริ่มคงที่เมื่อความเข้มข้นของแอสไพรินเหลือน้อยลง โดยเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของแอสไพรินที่ใส่ลงในระบบเป็นสองเท่า พบว่า กราฟควรมีลักษณะสูงกว่าอีก 1 เท่า และกราฟควรลู่เข้าสู่ แกน x เมื่อเวลาผ่านไปเพื่อแสดงว่า ความเข้มข้นของแอสไพรินเข้าใกล้ศูนย์ ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์

ข้อที่ 5

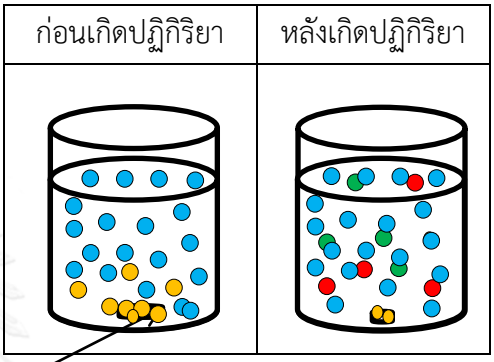
5.1 สมการเคมี

แอสไพริน ($C_9H_8O_4$) + น้ำ (H_2O) ⟶ กรดซาลิไซลิก ($C_7H_6O_3$) + กรดแอซีติก ($C_2H_4O_2$)

5.2 การเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นได้



5.3 การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคในระบบ



ยาเม็ดแอสไพริน

เมื่อ ● แทน แอสไพริน

● แทน กรดแอซิติก

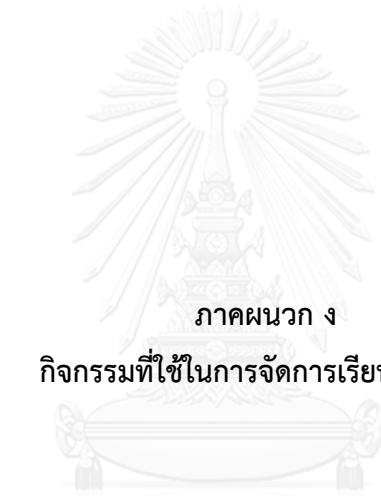
● แทน กรดซาลิไซลิก

● แทน น้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนทัศน์เคมี (ปรับจาก Holme et al. (2015))

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	0	1	2
การถ่ายโอนความรู้	ไม่สามารถประยุกต์ความคิดหรือนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้	สามารถประยุกต์ความรู้โดยเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ที่เรียนได้แต่ไม่สามารถนำไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้	สามารถประยุกต์ความรู้และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้
การให้เหตุผลเชิงลึก	ไม่สามารถให้เหตุผลได้เกี่ยวกับมโนทัศน์หรือความคิดสำคัญได้	สามารถให้คำนิยามเชิงมโนทัศน์และสามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง โดยทำได้อย่างใดอย่างหนึ่ง	สามารถให้คำนิยามเชิงมโนทัศน์และสามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง
การทำนาย	ไม่สามารถทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ให้ได้	สามารถทำนายเหตุการณ์ได้แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้	สามารถทำนายและให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง
การแก้ปัญหา	ไม่สามารถออกแบบการแก้ปัญหาได้	สามารถออกแบบการแก้ปัญหาได้แต่ขาดการใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ	สามารถออกแบบการแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณได้
การแปลความหมาย	ไม่สามารถใช้ตัวแทนความคิดในการแปลความหมายได้	สามารถแสดงตัวแทนความคิดได้ แต่ไม่สามารถอธิบายข้ามโดเมนได้ (ระดับจุลภาค มหภาค)	สามารถแสดงตัวแทนความคิดและอธิบายข้ามโดเมนได้ (ระดับจุลภาค มหภาค)



ภาคผนวก ง
กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
		ขั้นทำนาย	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย	ขั้นสังเกต	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย
1	ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นกับเวลา - วาดกราฟแสดงแนวโน้มความเข้มข้นกับเวลาของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาการสลายตัวของแก๊ส N_2O_5	- รวมกันอภิปรายภายในกลุ่มย่อยเกี่ยวกับสิ่งที่ทำนาย	- นำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน พร้อมร่วมกันหาข้อสรุปที่ได้ก่อนการศึกษาปรากฏการณ์จริง	- ทำการทดลองวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก - พิจารณาข้อมูลการสลายตัวของแก๊ส N_2O_5 และการเกิดขึ้นของแก๊ส NO_2 และ แก๊ส O_2 ที่เป็นแก๊สผลิตภัณฑ์	- เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทำนายว่าเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งที่สังเกตได้อย่างไร พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ	- นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม
2	แนวคิดของปฏิกิริยาเคมี	- ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี			- ใช้โปรแกรม PhET เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อสังเกตพฤติกรรมของแก๊ส ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่		

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
		ขั้นทำนาย	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย	ขั้นสังเกต	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย
2	แนวคิดของปฏิกิริยาเคมี	- ระบุลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อนำสารละลายใสไม่มีสี (น้ำตาล + NaOH) ผสมกับ สารละลายสีม่วง (ด่างทับทิม) แล้วเกิดเป็นสารละลายสีส้ม			ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยา - พิจารณาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อนำสารตั้งต้นมาผสมกัน (เกิดสีในระหว่างผสมหลายสี นักเรียนจะสังเกตเห็นสารมัธยันตร์ในปฏิกิริยา)		
3	พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา	- ระบุปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อนำ $KMnO_4$ (s) ผสมกับ $C_3H_8O_3$ (l) และ เมื่อนำ $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ (s) ผสมกับ NH_4Cl (s)			- บันทึกผลการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิของสาร และปรากฏการณ์อื่นๆ		

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
		ขั้นทำนาย	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย	ขั้นสังเกต	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย
4	ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- อธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เปลี่ยนแผลงไปเมื่อใส่สารตัวใดตัวหนึ่งในปฏิกิริยามากเกินพอ			- ทำการทดลองความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยศึกษาความเร็วของตะกอนกำมะถันที่เกิดขึ้นเมื่อผสมสารละลาย Na_2SO_3 กับ กรดไฮโดรคลอริก		
5	พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- เปรียบเทียบความเร็วในการเกิดแก๊สของยาเม็ดฟู่ลดกรดแบบปกติกับแบบบทละเอียด			- ทำการทดลองเปรียบเทียบความเร็วของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อนำยาเม็ดฟู่ลดกรดแบบเม็ดปกติกับแบบบดละเอียดละลายลงในน้ำ โดยใช้กระบอกฉีดยาเก็บแก๊ส		- สืบค้นปฏิกิริยาในชีวิตประจำวันที่พื้นที่ผิวส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

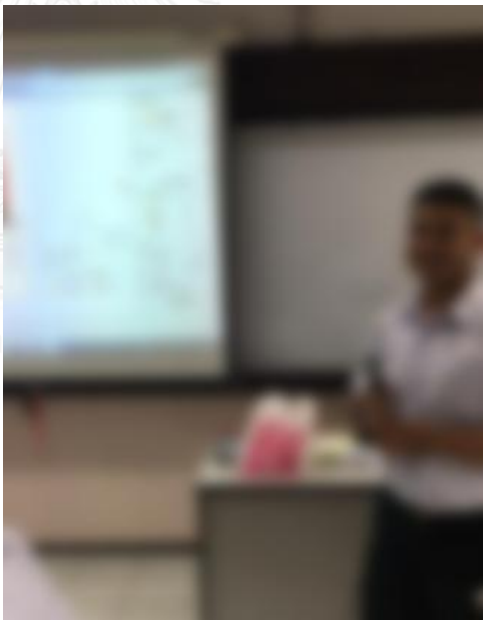
แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
		ขั้นทำนาย	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย	ขั้นสังเกต	ขั้นอภิปราย	ขั้นอธิบาย
6	อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- เปรียบการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำและสูงว่า ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร			- ทำการทดลองการฟอกจางสีด่างทับทิมด้วยกรดออกซาลิก ที่อุณหภูมิแตกต่างกันและเปรียบเทียบเวลาที่ใช้		
7	ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี	- เปรียบเทียบอัตราการเกิดแก๊สออกซิเจนของปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เมื่อเติมสารบางชนิดลง (แอลกอฮอล์, น้ำ, แมงกานิส (IV) ออกไซด์)			- ทำการทดลองเก็บแก๊สออกซิเจนที่เกิดจากการสลายตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เมื่อใส่สารบางชนิด โดยใช้บิวเรตช่วยในการเก็บแก๊ส		

ภาคผนวก จ
ตัวอย่างภาพกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างภาพกิจกรรมของนักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอน

ทำนาย-อภิปราย-อธิบาย-สังเกต-อภิปราย-อธิบาย



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเมธิน อินทรประสิทธิ์ เกิดวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาจังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ปีการศึกษา 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University