



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
The Development of Grade - 11 Students' Mental Model in Rate of Reaction
through Model-Based Inquiry Activities

نامผู้วิจัย นายโพธิศักดิ์ โพธิเสน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาติรี ฝ่ายคำตา, ประ.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ลัดดา มีสุข, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

The Development of Grade-11 Students' Mental Model in Rate of Reaction
through Model-Based Inquiry Activities

โดย

นายโพธิศักดิ์ โพธิเสน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพธิศักดิ์ โพธิเสน 2558: การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาติรี ฝ่ายคำตา, ประ.ด. 141 หน้า

แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหาแนวทางการสอนเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการวิจัยแบบวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ฉันได้ข้อมูลงานวิจัยจากบันทึกหลังการสอนของฉัน และแบบวัดแบบจำลองทางความคิดในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา ร่วมกับใบงานและอนุทินรายสัปดาห์ของนักเรียน ฉันวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการจัดกลุ่ม เปรียบเทียบและลงข้อสรุป

ผลการวิจัยฉันพบว่า 1) แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ (ร้อยละ 45) และกลุ่มแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วน (ร้อยละ 25) 2) แนวทางการสอนเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้แก่ การใช้วีดิทัศน์ที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคและจุลภาคผ่านการอุปมา ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การให้เวลาในการวางแผนการทดลองในเรื่องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาดูด-คายความร้อน และปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พร้อมทั้งนำเสนอร่วมกันในห้องจะทำให้ให้นักเรียนทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว การจัดการเรียนรู้โดยลำดับจากนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามนักเรียนค้นหาคำตอบนักเรียนสร้างแบบจำลองนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองและนักเรียนปรับปรุงแบบจำลองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ครูผู้สอนควรใช้คำถามที่ท้าทายการตอบคำถามด้วยคำถาม และการถามซ้ำใช้ไต่เรื่องและการจัดการเรียนรู้ควรให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างหรือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้เกิดประสบการณ์ด้วยตนเอง

ลายมือชื่อผู้วิจัย

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Potisak Potisen 2015: Development of Grade-11 Students' Mental Model in Rate of Reaction through Model-Based Inquiry Activities. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Assistant Professor Chatree Faikhamta, Ph.D. 141 pages.

Mental model is important for students to learn chemistry. This study was aimed to investigate 1) students' mental models in the topic rate of reaction after they had studied through Model-Based Inquiry (MBI) approach and 2) the ways of developing students' mental model in rate of reactions through that approach. Action research was used as research methodology in which I researched my own teaching in a chemistry class of 28 grade-11 students. Data from reflective journals and mental model questionnaires were used as main raw data sources. Data were analyzed by qualitative method such as categorizing, comparing and concluding.

Based on data analysis, I found that most students' mental models in the rate of reaction were in correct mental models group (45%) and incomplete correct mental models group (25%). The effective ways of teaching for improving students' mental models: were, teaching with videos that show differences between macroscopic and microscopic changes through analogy can improves students' mental models.; giving students opportunities to plan their experiments and having them present and discuss with the whole class can save time and help students do experiment effectively; teaching by engaging students with questions then finding the answer, constructing models and discussing with whole class can improves students' mental model; using challenging questions, answering with questions and discussing questions in the whole class should be emphasized; and, activities should engage students to get involved with or had the experience in constructing their own knowledge.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ฉันขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาทรี ฝ่ายคำตา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. ลัดดา มีสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์พี่เลี้ยงของฉันที่ได้แนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาในชั้นเรียน และเทคนิคในการสอนขณะทำการวิจัยที่โรงเรียน และขอบคุณคณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาสاتร์ของโรงเรียนที่ฉันไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพและทำงานวิจัย ที่ให้ความร่วมมือและคอยให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่องนับตั้งแต่ฉันได้เข้าไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

ขอขอบคุณอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาในเรื่องของการสร้างเครื่องมือ ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือเพื่อให้วัดได้เที่ยงตรงและแม่นยำมากขึ้น และขอบคุณอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำต่างๆรวมถึงกำลังใจที่เต็มเปี่ยมให้กับฉันอยู่เสมอ

ขอขอบคุณนักเรียนที่น่ารักของฉันซึ่งเป็นกลุ่มที่ฉันศึกษาในงานวิจัยนี้ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี เต็มใจและตั้งใจทำกิจกรรมต่างๆรวมถึงการให้ข้อมูลต่างๆที่ฉันต้องการอีกด้วย

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องๆนิสิต สวท. ศูนย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์หลายๆคนที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ ความช่วยเหลือในหลายๆเรื่อง และร่วมฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆไปด้วยกันเสมอมา จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เกิดเป็นรูปเป็นร่างได้

ขอขอบคุณ สวท. ที่ให้งบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงงบประมาณต่างๆที่จะช่วยอำนวยความสะดวกให้ฉันได้ทำงานวิจัยอย่างเต็มที่และมีคุณภาพ

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ฉันขอมอบให้แก่คุณพ่อ คุณแม่ บุรพคณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

โพธิศักดิ์ โพธิเสน

พฤษภาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	8
คำถามวิจัย	9
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	10
การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	11
แบบจำลองทางความคิด	14
แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดของนักเรียน	
เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	19
การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้	
ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน	21
กรอบแนวคิดของงานวิจัย	26
บทที่ 3 วิธีวิจัย	28
สถานที่ดำเนินการวิจัย	29
กลุ่มที่ศึกษา	30
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	30
รูปแบบงานวิจัย	31
การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล	39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	44
แนวคิดที่จำเป็นของนักเรียนก่อนเรียน	
เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	45
แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน	
ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แนวทางการสอนเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด ของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	86
วิจารณ์ผลการวิจัย	105
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	110
สรุปผลการวิจัย	113
ข้อเสนอแนะ	118
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	120
ภาคผนวก	129
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย	130
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย	132
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	135
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	141

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	32
2	การจัดกลุ่มความรู้ที่จำเป็นต้องใช้เรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	45
3	แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน	49
4	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 1	52
5	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 2	60
6	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 3	66
7	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 4	72
8	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 5	77
9	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 6	80
10	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 10	84

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพหลักการสร้างและใช้แบบจำลอง	25
2	แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	38
3	กราฟในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1	51
4	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.1	54
5	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.2	54
6	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.3	55
7	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.4	56
8	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.5	56
9	แบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2	57
10	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.1	58
11	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.2	58
12	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.3	59
13	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.4	59
14	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.5	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

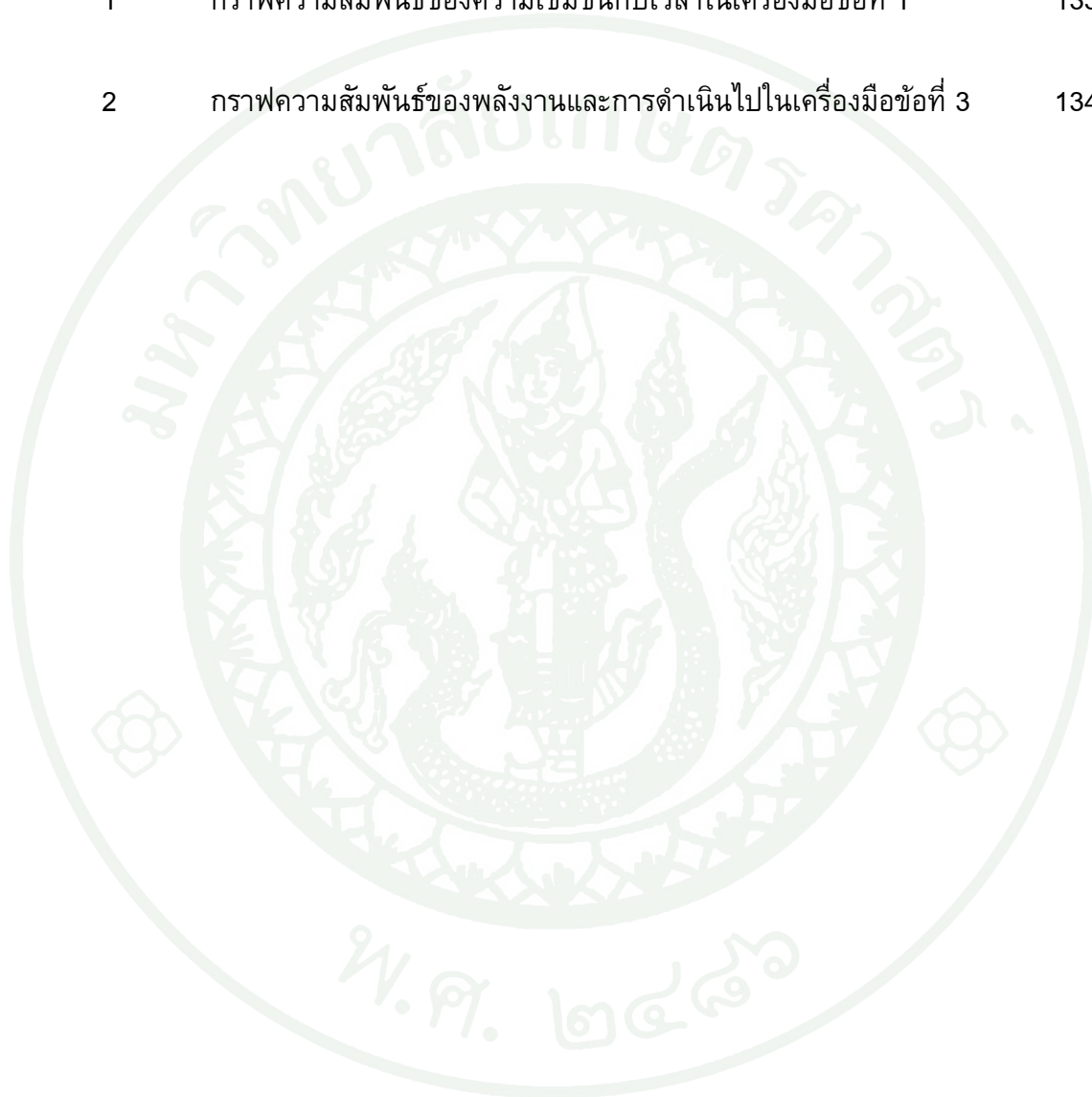
ภาพที่		หน้า
15	กราฟจากคำถามข้อที่ 3	62
16	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.1	63
17	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.2	64
18	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.3	65
19	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.4	66
20	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.1	69
21	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.2	70
22	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.3	71
23	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.4	71
24	รูปแบบการตอบคำถามจากคำถามข้อที่ 5	74
25	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.1	74
26	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.2	75
27	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.3	76
28	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.4	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
29	รูปแบบการตอบคำถามจากคำถามข้อที่ 6	79
30	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 6.1	79
31	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 6.2	80
32	รูปแบบการตอบคำถามจากคำถามข้อที่ 7	82
33	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 7.1	83
34	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 7.2	83
35	ตัวอย่างคลิปวีดิทัศน์ที่ใช้ในวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (การวิ่ง)	88
36	ตัวอย่างอนุทินของนักเรียนสำหรับแผนการเรียนรู้ที่ 1	89
37	ตัวอย่างคลิปวีดิทัศน์ที่ใช้ในวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (การ์ตูน)	90
38	ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหลังจากได้ชมวีดิทัศน์ ในแผนที่ 4	91
39	การแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้บทบาทสมมติของนักเรียน	95
40	กิจกรรมการทดลองในแนวทางที่ 5	102
41	กิจกรรมบทบาทสมมติในแนวทางที่ 5	103

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นกับเวลาในเครื่องมือข้อที่ 1	133
2	กราฟความสัมพันธ์ของพลังงานและการดำเนินไปในเครื่องมือข้อที่ 3	134



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

วิชาเคมีเป็นวิชาที่เนื้อหาส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรมเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งในระดับอะตอมหรือโมเลกุลซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีนักเคมีมักจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสารใน 3 ระดับ (Johnstone, 2000) ด้วยกันกล่าวคือ 1) ระดับมหภาค (macroscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสังเกตเห็นได้ 2) ระดับจุลภาค (microscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแต่ไม่สามารถมองเห็นได้เนื่องจากจะกล่าวถึงอิเล็กตรอนอะตอม และโมเลกุล และ 3) ระดับสัญลักษณ์ (symbolic level) เป็นสิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางเคมีเพื่อเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคกับระดับจุลภาคซึ่งมีอยู่หลายชนิดยกตัวอย่างเช่น การเขียนสูตรโมเลกุลของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือการเขียนสูตรลิวอิสเพื่ออธิบายการให้และรับอิเล็กตรอนตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าเคมีเป็นสาขาวิชาที่ต้องอธิบายและทำความเข้าใจ

การสื่อความหมายของปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นนักเคมีจึงมักใช้และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายข้อมูลทำนายเหตุการณ์และช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Justi and Gilbert, 2002) ทั้งนี้แบบจำลองเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากสำหรับการสร้างการเผยแพร่และการยอมรับในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Giere, 1988; Gilbert, 1991 และ Tomasi, 1988) ซึ่งเมื่อเรานำแบบจำลองไปเชื่อมโยงกับ 3 ระดับของการอธิบายพฤติกรรมทางเคมีแบบจำลองจะอยู่ในระดับสัญลักษณ์เพราะแบบจำลองจะเป็นเสมือนตัวเชื่อมว่าการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคซึ่งเรามองเห็นนั้นแท้จริงแล้วในระดับจุลภาคที่มองไม่เห็นนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร กล่าวอย่างง่ายก็คือแบบจำลองจะจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาคให้เรามองเห็นในระดับโมเลกุลเพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคนั่นเองแบบจำลองใช้สำหรับทำสิ่งที่ป็นนามธรรมให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนขึ้นเป็นรูปเป็นร่างที่เข้าใจได้มากขึ้น (Francoeur, 1997) โดยนักเคมีใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของความคิด

หรือโครงสร้างทางความคิดที่อยู่ภายในสมองของตนซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะตัวหรือที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิด (mental models) (Norman, 1983 และ Greca and Moreira, 2000)

แบบจำลองทางความคิดที่นักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจะแสดงออกมาภายนอกให้บุคคลอื่นรับรู้ได้ในหลายรูปแบบเช่น วัตถุหรือสิ่งของที่เป็นรูปธรรมคำพูด สัญลักษณ์ ภาพวาดหรือลักษณะ ท่าทางซึ่งเรียกสิ่งเหล่านี้ว่าแบบจำลองที่แสดงออก (expressed models) (Gilbert, 2005) ถ้าหากแบบจำลองทางความคิดที่นักเคมีหรือนักวิทยาศาสตร์แสดงออกมานี้ได้ผ่านการทดลองหรือตรวจสอบจนเป็นที่ยอมรับของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจะทำให้แบบจำลองทางความคิดนี้พัฒนาไปเป็นแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific models) ซึ่งเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เหตุการณ์ กระบวนการหรือระบบความคิดที่มีความถูกต้องแม่นยำและสมบูรณ์ (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000) ตัวอย่างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก็เช่นแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดซึ่งเขาได้ศึกษาโครงสร้างของอะตอมและได้แบบจำลองอะตอมออกมาว่าอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีโปรตอนรวมกันอยู่ตรงกลาง นิวเคลียสมีขนาดเล็กแต่มีมวลมากและมีประจุบวก ส่วนอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบและมีมวลน้อยมากวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสแต่การที่เขาจะได้แบบจำลองอะตอมนี้ออกมาเขาได้ทำการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำบาง ๆ โดยมีความหนาไม่เกิน 10^{-4} cm โดยมีฉากสารเรืองแสงรองรับรัทเทอร์ฟอร์ดจะต้องสร้างแบบจำลองทางความคิดจากผลการทดลองที่เขาได้ทำในระหว่างการค้นหาคำตอบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมแล้วเขาก็แสดงออกเป็นคำพูด ภาพวาด การเขียน หรือสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายโครงสร้างอะตอมจากผลที่เขาพบต่อมาแบบจำลองของเขาได้รับการพิสูจน์ด้วยนักวิทยาศาสตร์หลายๆคนแล้วได้รับการยอมรับในสังคมวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองทางความคิดของเขาจึงกลายเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็น แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะถ้านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องตั้งแต่ในช่วงแรกๆของการเรียนรู้อาจส่งผลต่อการเรียนในระดับที่สูงต่อไปทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องได้ (ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552)

ในฐานะที่ฉันเป็นครูผู้สอนฉันเห็นว่าแบบจำลองทางความคิด (mental Model) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในวิชาเคมีซึ่งเป็นวิชาที่มีเนื้อหาในเชิงนามธรรมมากและในบางเนื้อหา นักเรียนก็ไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยตาเปล่าเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคเช่น การเกิดปฏิกิริยาเคมีไปข้างหน้าและย้อนกลับในเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี เป็นต้น กอปรกับจากนิยามของแบบจำลองทางความคิดที่ว่าแบบจำลองทางความคิด (mental model) หมายถึงการสร้างองค์ความรู้ขึ้นภายในความคิดของแต่ละบุคคลซึ่งจะเป็นตัวแทนของความจริงต่างๆ ซึ่งจะใช้แบบจำลองทางความคิดเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ และเพื่อที่จะอธิบายหรือ

ทำนายในปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น (Norman, 1983 และ Gentner and Stevens, 1983) นั้น จะเห็นว่าแบบจำลองทางความคิดจะเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่จะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ ในเนื้อหาวิชาเคมีได้ดีขึ้นเนื่องด้วยหากนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับ ปรากฏการณ์เหตุการณ์ หรือสิ่งที่สนใจอื่นๆ ขึ้นมาได้และแสดงออกมาเป็น *expressed model* หรือแบบจำลองแสดงออกแล้วนำไปอธิบายในสิ่งที่สนใจนั้นได้นักเรียนก็จะเข้าใจในเนื้อหาเคมี เรื่องนั้นๆ ได้แต่ทั้งนี้นักเรียนก็ควรมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องด้วยจึงจะสามารถนำเอา แบบจำลองแสดงออกไปใช้อธิบายในสิ่งที่สนใจได้อย่างถูกต้องและเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชา เคมีนั้นๆ อย่างถูกต้องแต่ขณะเดียวกันหากนักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนไป จากความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ก็อาจทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาอื่นๆ ต่อไป ได้ด้วย

แบบจำลองทางความคิดในทางเคมีของนักเรียนยังไม่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เนื่องด้วยเหตุผลที่ว่าเนื้อหานั้นเป็นเนื้อหาที่ยากต่อความเข้าใจด้วยธรรมชาติของเนื้อหา ที่มีความเป็นนามธรรมทำให้นักเรียนไม่สามารถนึกภาพตามได้หรือไม่เข้าใจตั้งแต่ต้นจึงทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น ในงานวิจัยของ Tyson, Treagust, and Bucat (1999) พบว่านักเรียนแยกความแตกต่างของ ระบบสมดุลในทางกายภาพและทางเคมีไม่ค่อยได้ตัวอย่างเช่นเมื่อละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จะมีจุดจุดหนึ่งที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ไม่อาจจะละลายได้อีกคือจุดอิ่มตัวซึ่งเป็น จุดที่คลอไรด์ไอออนและโซเดียมไอออนมีความเข้มข้นสูงสุดแต่อย่างไรก็ตามในระบบสมดุล ทางเคมี เช่น $\text{PbSO}_{4(s)} + \text{H}^+_{(aq)} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}_{(aq)} + \text{HSO}_4^-_{(aq)}$ ซึ่งจะไม่แสดงความเข้มข้นที่สูงสุดของ สารใดที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เลยนั่นหมายความว่าไม่มีจุดอิ่มตัวของปฏิกิริยานั้นเองและในงานวิจัย ของ Van Driel and Graber (2002) พบว่านักเรียนหลายคนไม่เข้าใจในเรื่องของสมดุลเคมีและ มีความเชื่อที่ผิดเช่นมีความเชื่อว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดขึ้นเสร็จก่อนจึงจะเกิดปฏิกิริยา ย้อนกลับได้หรือเชื่อว่าเมื่อเกิดสมดุลเคมีจะไม่มีปฏิกิริยาใดๆ เกิดขึ้นคือเชื่อว่าที่สมดุลเคมี ปฏิกิริยาจะหยุดนิ่งนั้นเอง เป็นต้น

แนวคิดเกี่ยวกับเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นหนึ่งในหัวข้อที่เข้าใจได้ยากและ นำไปประยุกต์เข้ากับในชีวิตประจำวันของนักเรียนอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นหัวข้อสำคัญ ที่จะเชื่อมโยงกับการเรียนในหัวข้ออื่นๆ เช่น ปฏิกิริยาเคมีและสมดุลเคมี เป็นต้น แต่นักวิจัย ทางศึกษาศาสตร์ไม่ได้แนะนำแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปศึกษาและวิเคราะห์ มากเท่าที่ควรด้วยเหตุผลที่ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นมักอยู่ในหัวข้อเรื่องสมดุลเคมีอยู่แล้ว (Hackling and Garnett, 1985 และ Wheeler and Kass, 1978)

นักวิจัยได้ระบุว่ามีความคิดทางเลือกเกิดขึ้นในกลุ่มตัวอย่างของเขาเช่น Kurt and Ayas (2012) พบว่านักเรียนมีความคิดทางเลือกในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับและไปข้างหน้าการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในตอนเริ่มต้นและท้ายสุดของสภาวะสมดุลเมื่อมีการเติมสารตั้งต้นเพิ่มเข้าไปในระบบสมดุลและผลกระทบของตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับและไปข้างหน้านอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ระบุอีกด้วยว่านักเรียนเชื่อมโยงได้ไม่ค่อยดีระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาและผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาเช่น พวกเขาอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาด้วยหลักของเลอชาเตอลิเอและยังมีความเชื่อว่าตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้นแล้วการเพิ่มความร้อนจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นในระบบปฏิกิริยาแบบคายความร้อนแล้วนักวิจัยได้ชี้ให้เห็นว่าแนวคิดทางเลือกและแนวคิดคลาดเคลื่อนนี้เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนไม่ได้เข้าใจในอัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างแท้จริง

จากการที่มีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนที่ได้กล่าวไปในข้างต้นนั้นจะเห็นว่าเป็นจุดที่สำคัญที่มักจะทำให้นักเรียนไม่อาจต่อยอดการเรียนรู้ไปในเรื่องอื่นได้เนื่องจากหากมีความคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นๆ แล้วส่งผลให้เรื่องอื่นที่ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในเรื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเช่น สมดุลเคมีเป็นต้นนักเรียนก็จะเกิดความเข้าใจเรื่องนี้อย่างคลาดเคลื่อนไปด้วยนั่นเองและการที่นักเรียนมีความคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก็อาจจะส่งผลให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เป็นไปตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้นจึงมีความคิดว่าการที่จะพัฒนาให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้นั้นฉันควรจะพัฒนาให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นไปตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเสียก่อน

จากการศึกษางานวิจัยในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดนั้นพบว่านักการศึกษา มักจะศึกษาและจัดกลุ่มแบบจำลองในเนื้อหาทางเคมีเรื่องหนึ่งๆ เท่านั้นไม่ได้มีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดจะนั้นฉันจึงได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดแทนเพื่อหาแนวทางการสอนที่จะนำไปพัฒนาแบบจำลองทางความคิดต่อไปซึ่งการสอนที่ฉันได้ศึกษาว่าจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีนั้นจะต้องเป็นการเรียนการสอนที่มีรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) โดยวิธีการสอนจะให้นักเรียนได้สืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆด้วยตนเองจนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและมีการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมายจึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของตัวนักเรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนานอีกทั้งยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาหรือตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆได้ (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สวทท.], 2546) ได้แก่ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning) การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) และการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Inquiry)

มีหลายงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาให้นักเรียนให้มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งจะช่วยลดปัญหาการนำแนวคิดเดิมที่คลาดเคลื่อนไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดใหม่ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังสามารถช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นและสามารถอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนความเข้าใจของตนเองให้ถูกต้องมากขึ้นอีกด้วย (ขวัญฤทัย เทียงจันทร์ทิพย์, 2553) นอกจากนี้การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ยังสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้เกิดข้อสงสัยและอยากเรียนรู้ได้เพราะเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติใช้ทักษะการคิดในการวางแผนออกแบบกิจกรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายอภิปราย รวมทั้งสรุปและประเมินสิ่งที่เรียนรู้ร่วมกันและท้ายที่สุดก็ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้นนั่นเอง (วรัญญูดี กระเกตุ, 2555)

นอกจากการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แล้วยังมีการสอนอีกแบบหนึ่งที่น่าสนใจนั่นคือการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยพบว่าการสอนด้วยวิธีนี้ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางเคมีและแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้นดังตัวอย่าง งานวิจัยของ Harrison and Treagust (2000) ที่ตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับอะตอมโมเลกุล และพันธะเคมีหลังการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการสอนได้แก่ แบบจำลองที่เป็น metaphor และ analogy โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ กำหนดเป้าหมาย (focus) การปฏิบัติการ (action) และการสะท้อนผล (reflection) หรือเรียกย่อๆว่า FAR ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเป็นการนำแบบจำลอง analogy ที่หลากหลายทั้งที่มีลักษณะเหมือนและไม่เหมือนกับแนวคิดเป้าหมายแต่นักเรียนมีความคุ้นเคยจากการศึกษาพบว่าการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khan (2008) ที่ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์จำลอง (computer simulation) ที่อาศัยหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเยของนักเรียนกิจกรรม simulation ที่ใช้นั้นประกอบด้วยการทำนายกลไกของปฏิกิริยา การเปลี่ยนแปลงของกราฟมุมมองในระดับนาโนและการใช้อุปมาอุปมัย (analogy) ที่เคลื่อนไหวได้โดยจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง

ประเมิน และปรับปรุงความรู้ของตนเองอยู่เสมอ จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ในแนวคิดทางเคมีได้ดีและมีความเข้าใจมากขึ้น

จากวิธีการสอนทั้งสองคือการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานล้วนแต่ให้ผลการวิจัยที่ดีเพราะสามารถพัฒนาแนวคิดของนักเรียนได้ทั้งนี้จึงมีผู้วิจัยนำทั้งสองวิธีการสอนมารวมกันเรียกว่าการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งจากงานวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีการนี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ (Khan, 2007) และนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Windschitl *et al.* (2007) ที่สนับสนุนว่าการจัดการเรียนรู้เช่นนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการใช้แบบจำลองถึง 5 ลักษณะด้วยกันอันได้แก่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถตรวจสอบหรือทำซ้ำได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้คาดเดาหรือพยากรณ์เหตุการณ์ได้และความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถสร้างขึ้นได้ซึ่งจะเห็นว่าการผสมผสานวิธีการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้มาเป็นหลักแล้วใช้แบบจำลองอธิบายนั้นนอกจากนักเรียนจะได้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วนักเรียนยังจะสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะหรือระหว่างการสืบเสาะมาอธิบายได้โดยใช้หลักฐานคือแบบจำลองซึ่งจะให้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น

จากการที่ฉันไปสังเกตการสอนที่โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครทำให้เห็นธรรมชาติของนักเรียนว่าเมื่อนักเรียนเข้าใจหรือได้เรียนสิ่งหนึ่งๆแล้วครูให้นักเรียนออกมาอธิบายหรือตอบคำถามนักเรียนมักจะใช้การยกตัวอย่างแบบจำลองหรือบางครั้งก็ใช้อุปมาช่วยในการอธิบายเพื่อให้ครูและเพื่อนในห้องเห็นภาพชัดเจนมากขึ้นเช่นครูถามนักเรียนในเรื่องของปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมีในเรื่องของความเข้มข้นว่าถ้าความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์มากขึ้นสมดุลจะเป็นเช่นไรนักเรียนก็ใช้การวาดภาพโมเลกุลของสารตั้งต้นที่เพิ่มมากขึ้นประกอบคำอธิบายว่าเมื่อเป็นเช่นนั้นแล้วจะทำให้สมดุลไปข้างหน้ามากขึ้นเพราะจะเกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้นเป็นต้นการที่นักเรียนทำเช่นนี้ก็แสดงว่านักเรียนจะต้องมีการสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นเองและแสดงออกมาในรูปของภาพวาดและคำอธิบายครูจึงทราบว่าเป็นแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนนั้นเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องนี้แต่ทั้งนี้ก็มีนักเรียนหลายคนที่ไม่สามารถอธิบายหรือยกตัวอย่างใดๆ ประกอบได้หรืออาจอธิบายหรือยกตัวอย่างประกอบที่ไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้นอาจเป็นเพราะนักเรียนเหล่านั้นจำคำตอบมาหรืออื่นๆ ซึ่งทำให้ครูผู้สอนและฉันสามารถที่จะอนุมานได้ว่านักเรียนเหล่านั้นมีแบบจำลอง

ทางความคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแบบจำลองวิทยาศาสตร์หรืออาจจะมีแบบจำลองทางความคิดแต่ไม่ชัดเจนจึงไม่สามารถแสดงออกมาได้

นอกจากการที่ได้ไปสังเกตการสอนแล้วฉันยังได้สอนนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมีโดยฉันจัดการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้และนักเรียนได้ทดลองเพื่อหาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อสมดุลเคมีและมีผลอย่างไรฉันพบว่ามึนักเรียนบางกลุ่มมีผลการทดลองที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ และคลาดเคลื่อนไปจากหลักทางวิทยาศาสตร์แต่นักเรียนที่มีผลคลาดเคลื่อนนั้นยังคงยืนยันในกระบวนการค้นหาคำตอบของตนเองและรู้สึกต่อต้านกับผลการทดลองของกลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้ฉันคิดว่าการที่นักเรียนยืนยันในผลการหาคำตอบของตนเองนั้นเนื่องจากนักเรียนได้ดำเนินการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วจึงมีความมั่นใจในคำตอบของตนเองแต่นักเรียนยังไม่ได้นำผลจากการหาคำตอบไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจึงมองไม่เห็นจุดด้อยของผลหรือแบบจำลองของกลุ่มตนฉันจึงเห็นว่าการที่นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ที่เป็นคำตอบนั้นนักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมาด้วยและแสดงออกมาผ่านคำอธิบายผลแต่นักเรียนยังขาดการนำแบบจำลองไปทดสอบและประเมินผลว่าแบบจำลองของตนนั้นสามารถที่จะอธิบายปรากฏการณ์หรือตอบคำถามที่ตนสงสัยได้ครอบคลุมหรือไม่

นอกจากนี้อีกหนึ่งปัญหาที่ฉันพบจากการสอนคือคำสั่งหรือคำชี้แจงที่ฉันให้แก่นักเรียนยังไม่ชัดเจน นักเรียนบางคนไม่เข้าใจบางคนเข้าใจคลาดเคลื่อนทำให้การค้นหาคำตอบของนักเรียนหรือการทดลองของนักเรียนเป็นไปอย่างสับสนในช่วงเริ่มต้นเพราะนักเรียนยังไม่เข้าใจในปัญหาหรือข้อสงสัยที่ตนจะหาคำตอบนักเรียนจึงไม่รู้ว่าจะเริ่มอย่างไรซึ่งก็เป็นไปได้ว่านักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมาได้หรือสร้างได้แต่ไม่ชัดเจนจึงไม่สามารถที่จะนำแบบจำลองทางความคิดมาอธิบายได้ซึ่งจากปัญหาที่พบนั้นฉันคิดว่าจะแก้ไขโดยเมื่อเห็นผลการทดลองของนักเรียนมีความแปลกใหม่ที่ครูหรือนักเรียนยังไม่เคยเห็นมาก่อนให้ทำให้เกิดการทำทายนักเรียนเพื่อให้นักเรียนหาเหตุผลหาที่มาและหลักฐานมาอธิบายความแตกต่างนั้นๆให้ได้ทั้งนี้นักเรียนอาจใช้แบบจำลองมาอธิบายและแบบจำลองนั้นก็ควรที่จะเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยและในการเรียนการสอนจะต้องมีการยืดหยุ่นกิจกรรมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ ณ เวลานั้นๆ ไม่ควรเร่งทำตามแผนทุกขั้นตอนหากว่านักเรียนยังไม่เข้าใจหรือยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่นั้นคือไม่ควรเร่งเวลาในการเรียนการสอนเพราะนอกจากนักเรียนจะไม่ได้ความรู้อะไรแล้วยังเป็นการเสียเวลาที่จะต้องมาสอนซ้ำและเมื่อนักเรียนสับสนหรือเกิดปัญหาที่ลึกลามมากให้สั่งหยุดทั้งห้องเพื่อให้ครูอธิบายใหม่หรือแก้ปัญหาเหล่านั้นเสียก่อนเพราะการที่นักเรียนยังไม่เข้าใจหรือสับสนจะส่งผลถึงการสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้และนอกจากวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วฉันคิดว่าในการสอน

ควรให้มีการทดลองที่แตกต่างจากในหนังสือเพื่อท้าทายให้นักเรียนคิดเองจริงๆ ไม่ใช่ลอกตามในหนังสือและการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองประกอบการอธิบายนั้นการให้กระดาษแก่นักเรียนจะเป็นกลุ่มเป็นสิ่งที่ดีเพราะนักเรียนจะร่วมกันคิดสร้างแบบจำลองออกมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาและที่สำคัญครูซึ่งก็คือฉันควรทำตัวเป็นผู้อำนวยความสะดวกแก่นักเรียน เช่นเป็นผู้ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบเมื่อนักเรียนต้องการข้อมูลครูควรบอกแหล่งในการหาข้อมูลให้นักเรียนเมื่อนักเรียนมีขั้นตอนการสืบเสาะที่ไม่ถูกต้องหรือได้อธิบายผลอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผลกันครูควรมีการแนะนำหรือชี้ให้เห็นความไม่ถูกต้องนั้นๆ เป็นต้น

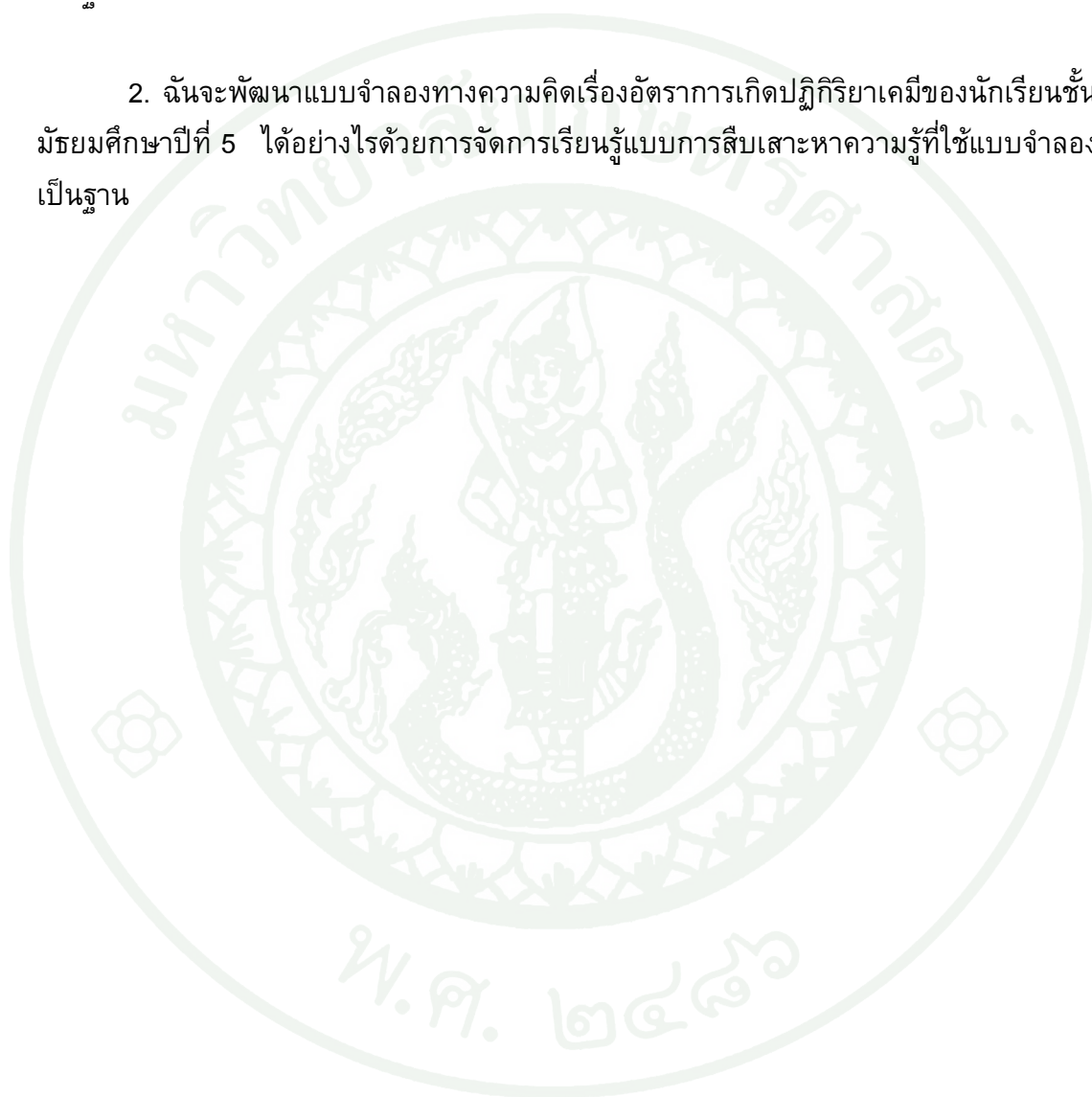
จากการศึกษางานวิจัยการสังเกตการสอน และประสบการณ์ฝึกสอนฉันมีมุมมองว่าการสอนวิชาที่เป็นนามธรรมอย่างวิชาเคมีนั้นแบบจำลองเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนจะต้องใช้เพื่อนำมาประกอบคำอธิบายปรากฏการณ์หรือเนื้อหาหนึ่งๆ ที่นักเรียนเรียนหรือสนใจ โดยเฉพาะในเรื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เป็นเนื้อหาหนึ่งที่มีความเป็นนามธรรมและยากแก่การเข้าใจของนักเรียน ดังนั้นงานวิจัยหลายงานที่ได้กล่าวถึงแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ทั้งนี้แบบจำลองที่ใช้จะต้องเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการที่นักเรียนจะสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้นั้นนักเรียนจำเป็นต้องมีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เสียก่อน ฉันได้ศึกษาวิธีการสอนที่เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ยึดตามแนวทางการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนฉันจึงมีความสนใจที่จะศึกษาว่าจัดการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วฉันจะมีวิธีการสอนอย่างไรจึงจะสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องนี้ได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำถามวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไรเมื่อได้เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ฉันจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างไรด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน



บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 เมื่อได้รับการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

1.1 ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

1.2 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. แบบจำลองทางความคิด

2.1 ความหมายของแบบจำลอง

2.2 ประเภทของแบบจำลอง

2.3 ความหมายของแบบจำลองทางความคิด

3. แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.2 ลักษณะของห้องเรียนที่เกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5. กรอบแนวคิดของงานวิจัย

การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

1. ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันและมีการศึกษานำทฤษฎีดังกล่าวมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างมากมายซึ่งหลาย ๆ ท่านก็ได้ให้ความหมายและลักษณะของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไว้ด้วยเช่น

สุรางค์ โค้วตระกูล (2554) ได้กล่าวว่าทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory) นั้นมีหลักการที่สำคัญว่าในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (Active) และสร้างความรู้ซึ่งมีคุณลักษณะดังนี้

- ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง
- การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน
- การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้
- การจัดสิ่งแวดล้อมกิจกรรมที่คล้ายคลึงกับชีวิตจริงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

นอกจากนี้ชาตรีฝ่ายคำตา (2554) ได้อธิบายการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเอาไว้ว่ามีลักษณะดังนี้

- ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมดังนั้นการเรียนรู้จึงเกิดการปรับเปลี่ยน (modification) ความรู้เดิมของผู้เรียนให้สอดคล้องหรือสัมพันธ์กับความรู้ใหม่

- การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคมหรือเป็นการทำความเข้าใจในประสบการณ์ที่ตนกำลังเผชิญอยู่โดยผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวและแสวงหาเพื่ออธิบายสิ่งแวดล้อมต่างๆ เหล่านั้น

- ก่อนที่ผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งผู้เรียนมี “ความรู้เดิม” (prior knowledge) มาก่อน

- ความรู้เดิมของนักเรียนนั้นอาจตรงกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้ ซึ่งเรียกว่า “แนวคิดเลือก” (alternative concentration) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประสบการณ์และสังคมวัฒนธรรมแตกต่างกัน

- ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและสนับสนุนการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนดังนั้นผู้เรียนจึงต้องมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาท่านอื่นได้ให้ความหมายว่าทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory) เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความรู้และการเรียนรู้ที่เชื่อว่าผู้เรียนทุกคนมีประสบการณ์เดิมหรือแนวคิดเดิมมาก่อนผู้เรียนสามารถสร้างความรู้โดยการเรียนรู้จากการตีความของประสบการณ์ที่ได้รับซึ่งอาศัยพื้นฐานของประสบการณ์เดิมหรือแนวคิดเดิมและผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (Cobern, 1993)

2. การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

การนำทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไปใช้ในการเรียนการสอนสามารถทำได้หลายประการดังนี้ (ทิตนา แคมมณี, 2554)

ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผลของการเรียนรู้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ (process of knowledge construction) และการตระหนักรู้ในกระบวนการนั้น (reflexive awareness of that process) เป้าหมายการเรียนรู้จะต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง (authentic tasks) ครูจะต้องเป็นตัวอย่างและฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเห็นผู้เรียนจะต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

เป้าหมายการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนได้รับสาระความรู้ที่แน่นอนตายตัวไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลายการเรียนรู้ทักษะต่างๆ จะต้องให้มีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้และแก้ปัญหาจริงได้

ในการเรียนการสอนผู้เรียนจะต้องเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว (active) ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตัวเองโดยการให้ผู้เรียนอยู่ในบริบทจริงซึ่งไม่ได้หมายความว่าผู้เรียนจะต้องออกไปยังสถานที่จริงเสมอไปแต่อาจจัดเป็นกิจกรรมที่เรียกว่า “Physical - knowledge activities” ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อวัสดุอุปกรณ์ สิ่งของหรือข้อมูลต่างๆ ที่เป็นของจริงและมีความสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนโดยผู้เรียนสามารถจัดกระทำศึกษาสำรวจ วิเคราะห์ ทดลองลองผิดลองถูกกับสิ่งนั้นๆ จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจขึ้นดังนั้นความเข้าใจจึงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิดการจัดกระทำกับข้อมูลไม่ใช่จะเกิดขึ้นได้โดยง่ายจากการได้รับข้อมูลหรือมีข้อมูลเพียงอย่างเดียว

ในการจัดการเรียนรู้ครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคม - จริยธรรม (sociomoral) ให้เกิดขึ้นกล่าวคือผู้เรียนจะต้องมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมซึ่งทางสังคมถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้เพราะลำพังกิจกรรมและวัสดุอุปกรณ์ทั้งหลายที่ครูจัดให้หรือผู้เรียนแสวงหาเพื่อการเรียนรู้นั้นไม่เพียงพอ ฉะนั้นปฏิสัมพันธ์ทางสังคมการร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดและประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและบุคคลอื่นๆ จะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนกว้างขึ้นซับซ้อนขึ้นและหลากหลายขึ้น

ในการเรียนการสอนผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ (Devries, 1992) โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้เช่น ผู้เรียนจะเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเองตั้งกฎระเบียบเองแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเองตกลงกันเองเมื่อเกิดความขัดแย้งหรือมีความเห็นแตกต่างกันเลือกผู้ร่วมงานได้เองและรับผิดชอบในการดูแลห้องเรียนร่วมกัน

ในการเรียนการสอนแบบสร้างความรู้ครูจะมีบทบาทแตกต่างไปจากเดิม (Devries, 1992) คือจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้เปลี่ยนเป็นการให้ความร่วมมืออำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้คือการเรียนการสอนจะต้องเปลี่ยนจาก “instruction” ไปเป็น “construction” คือเปลี่ยนจาก “การให้ความรู้” ไปเป็น “การให้ผู้เรียนสร้างความรู้” บทบาทของครูก็คือจะต้องทำหน้าที่ช่วยสร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดแก่ผู้เรียนจัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความสนใจของผู้เรียนดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทางที่ส่งเสริม

พัฒนาการของผู้เรียนให้คำปรึกษาแนะนำทั้งทางด้านวิชาการและด้านสังคมแก่ผู้เรียนดูแลให้ความช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหาและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนนอกจากนั้นครูยังต้องมีความเป็นประชาธิปไตยและมีเหตุผลในการสัมพันธ์กับผู้เรียนด้วย

ในด้านการประเมินผลการเรียนการสอน (Jonassen, 1992) เนื่องจากการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนี้ขึ้นกับความสนใจและการสร้างความหมายที่แตกต่างกันของบุคคลผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะหลากหลายดังนั้นการประเมินผลจึงจำเป็นต้องมีลักษณะเป็น “goal free evaluation” ซึ่งก็หมายถึงการประเมินตามจุดมุ่งหมายในลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคลหรืออาจใช้วิธีการที่เรียกว่า “socially negotiated goal” และการประเมินควรใช้วิธีการหลากหลายซึ่งอาจเป็นการประเมินจากเพื่อนแฟ้มผลงาน (portfolio) รวมทั้งการประเมินตนเองด้วยนอกจากนั้นการวัดผลจำเป็นต้องอาศัยบริบทจริงที่มีความซับซ้อนเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยบริบทกิจกรรม และงานที่เป็นจริงการวัดผลจะต้องใช้กิจกรรมหรืองานในบริบทจริงด้วยซึ่งในกรณีที่ต้องจำลองของของจริงมาก็สามารถทำได้แต่เกณฑ์ที่ใช้ควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในโลกของความเป็นจริงด้วย (real world criteria)

แบบจำลองทางความคิด

1. ความหมายของแบบจำลอง

แบบจำลองเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการสร้างการเผยแพร่ และการยอมรับในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Gieryn, 1988; Gilbert, 1991 และ Tomasi, 1988) แม้ว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาในเรื่องของความเป็นจริงจะเป็นเรื่องที่เปิดกว้างในการโต้แย้งกันได้ก็ตามแต่โดยแท้จริงแล้วแบบจำลองก็เป็นเหมือนสะพานที่ใช้เชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริงแบบจำลองสามารถอธิบายหรือบรรยายความเป็นจริงได้จากการสังเกตสามารถสร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงซึ่งจะใช้อธิบายทฤษฎีที่มีความเป็นนามธรรมสูงได้แล้วก็นำมาประยุกต์ใช้ได้อีกด้วย

แบบจำลองเคยถูกใช้เพื่อทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนขึ้นเป็นรูปเป็นร่างที่เข้าใจได้มากขึ้น (Francoeur, 1997) ถูกใช้เพื่อสร้างคำอธิบายหรือ/และทำให้ปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนเข้าใจได้ง่ายขึ้น (Rouse and Morris, 1986) และยังเป็นพื้นฐานสำหรับการอธิบายและการพยากรณ์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์อีกด้วย (Gilbert, Boulter and Rutherford, 1998)

แบบจำลองต่างๆ เป็นวัสดุเครื่องมือที่สามารถจะมองว่าเป็นสิ่งที่มีอยู่อย่างเป็นอิสระ (เช่น การวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น) หรือจะถูกมองว่าเป็นการมีอยู่เป็นส่วนหนึ่งของระบบ (เช่น การวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในบางส่วนของปฏิกิริยารวมทั้งหมด) แบบจำลองสามารถที่จะเป็นอะไรที่เล็กกว่าวัตถุที่มันเป็นตัวแทนอยู่ (เช่น อากาศ) หรือจะเป็นอะไรที่ใหญ่กว่าก็ได้ (เช่น ไวรัส) บางแบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่สนใจที่เป็นรูปธรรมแต่แบบจำลองจะต้องสามารถทำสิ่งนั้นๆ ให้มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (เช่น การไหลเวียนของพลังงานเป็นสาย) อย่างเลียดเลียดไม่ได้ที่แบบจำลองจะต้องประกอบด้วยตัวแทนที่เป็นทั้งรูปธรรมและนามธรรม ซึ่งแบบจำลองควรที่จะต้องแสดงให้เห็นทั้งสองลักษณะในเวลาเดียวกัน (เช่น การหมุนเวียนของพลังงานในวัฏจักรของเครป) แบบจำลองยังสามารถเป็นเหตุการณ์ได้เป็นเวลาบางช่วงของพฤติกรรมของระบบก็ได้ (เช่น การเคลื่อนย้ายของไอออนผ่าน semi - permeable membrane) บทบาทหลักของแบบจำลองในการพัฒนาความรู้ นั้นเป็นสิ่งที่ได้รับการยอมรับมาก่อนคริสต์ทศวรรษที่ 20 แล้ว (Bailer-Jones, 1999) ยกตัวอย่างเช่นแบบจำลองได้มาเป็นวิธีการหลักที่ใช้ในการคิดในวิชาเคมี (Luisi and Thomas, 1990) ดูเหมือนว่าเป็นสิ่งที่ดีที่แบบจำลองสามารถมีบทบาทสำคัญในวิทยาศาสตร์ศึกษานักเรียนควรที่จะเข้าใจธรรมชาติและเนื้อหาของแบบจำลองที่เป็นตัวหลักในการพัฒนาประเด็นทางวิทยาศาสตร์หนึ่งๆ และควรพัฒนาความสามารถในการสร้างการทดสอบ และการพัฒนาแบบจำลองของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่สนใจในวิทยาศาสตร์บทบาทของแบบจำลองในวิทยาศาสตร์ศึกษานั้นเป็นสิ่งที่ไม่ง่ายต่อการปฏิบัติหน้าที่เป็นแบบจำลองแต่แบบจำลองที่บรรลุเป้าหมายนั้นก็จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างหลากหลาย

Gilbert and Boulter (2000) ได้กล่าวไว้ว่าแกนหลักในการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นมักจะถูกชี้้นำในการสืบเสาะด้วยแบบจำลองซึ่งหมายความว่านักวิทยาศาสตร์ได้ใช้แบบจำลองเพื่อสร้างองค์ความรู้ในการนำมาอธิบายข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบในธรรมชาตินอกจากนี้แล้วการพัฒนาการใช้ การประเมินผลและการนำไปปรับปรุงของแบบจำลองรวมไปถึงความสัมพันธ์ในเชิงอธิบายนั้นล้วนเป็นแกนหลักในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น

2. ประเภทของแบบจำลอง

ความยุ่งยากของวิทยาศาสตร์ศึกษาคือการที่แบบจำลองนั้นมีหลายรูปแบบฉะนั้นจึงมีการจัดกลุ่มรูปแบบของแบบจำลองว่าแบบจำลองที่จะใช้ได้นั้นจะต้องมีอย่างน้อย 1 ใน 5 รูปแบบที่เรียกว่า “5 รูปแบบของการเป็นตัวแทนของแบบจำลอง” (Gilbert, 2004) ซึ่งมีดังนี้

2.1 รูปแบบที่เป็นรูปธรรม (Concrete mode) เป็นรูปแบบ 3 มิติและสร้างขึ้นจากวัสดุที่จับต้องได้จริงตัวอย่างเช่นแบบจำลองลูกบอลพลาสติกของแลตทิสฟลักแบบจำลองที่เป็นพลาสติกที่แสดงระบบการหมุนเวียนในร่างกายมนุษย์ เป็นต้น

2.2 รูปแบบที่เป็นคำพูด (Verbal mode) ซึ่งสามารถประกอบไปด้วยการอธิบายถึงความเป็นรูปธรรมของสิ่งที่เป็นตัวแทนและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เป็นตัวแทน

2.3 รูปแบบที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic mode) จะประกอบไปด้วยสัญลักษณ์และสูตรทางเคมีสมการเคมี และการแสดงออกทางการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะสมการทางคณิตศาสตร์เช่น กฎของแก๊ส กฎของอัตราการศึกษาปฏิกิริยา เป็นต้น

2.4 รูปแบบที่เป็นรูปภาพ (Visual mode) เช่น การสร้างกราฟ แผนภาพและภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น ตัวแทนของโครงสร้างทางเคมีในสองมิติก็จัดเข้าอยู่ในกลุ่มนี้ได้เช่นกัน

2.5 รูปแบบที่เป็นท่าทาง (Gestural mode) เป็นการใช้อวัยวะหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายมาเป็นตัวแทนเช่นการให้นักเรียนในห้องเรียนขยับหมุนไปรอบห้องเรียนเพื่อใช้เป็นตัวแทนของการเคลื่อนที่ของไอออน เป็นต้น

รูปแบบที่ได้กล่าวไปนี้มักมีการใช้ร่วมกันเช่นใช้รูปแบบที่เป็นคำพูดร่วมกันกับรูปแบบที่มองเห็นได้ด้วยตาในการใช้แบบจำลองวัฏจักรของเครป (Buckley, 2000)

นอกจากนี้แล้วยังมีการแบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดโดยนักวิจัยคนอื่นอีกด้วยโดยแบบจำลองทางความคิดแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (Johnson-Laird, 1983) คือ

- แบบจำลองทางความคิดเชิงกายภาพ (physical model) จะเป็นตัวแทนของสิ่งที่เป็นรูปธรรมในโลก

- แบบจำลองทางความคิดเชิงแนวคิด (Conceptual mental model) จะเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีความเป็นนามธรรม

นั่นคือแบบจำลองทั้งสองประเภทนี้เป็นตัวแทนของสิ่งใดๆ ในโลกที่มีจริงและมีในจินตนาการนั่นเอง

3. ความหมายของแบบจำลองทางความคิด

แบบจำลองทางความคิดเป็นรูปแบบหนึ่งของตัวแทนที่ในสิ่งที่เราสนใจซึ่งมีความเป็นส่วนบุคคลและเฉพาะบุคคลอย่างมากหากไม่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับบุคคลเดี่ยวก็เกิดขึ้นกับกลุ่มบุคคลเล็กๆเท่านั้นนักเรียนในวิชาเคมีทุกคนจะมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับอะตอมในวิชาชีววิทยานักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิดในเรื่องของไวรัสและในวิชาฟิสิกส์นักเรียนก็จะมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับเรื่องของกระแสไฟฟ้าเป็นต้น ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วแบบจำลองทางความคิดจะเป็นสิ่งไม่มีใครเข้าถึงนอกจากตัวผู้สร้างแบบจำลองทางความคิดนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามก็มีรูปแบบของแบบจำลองทางความคิดที่สามารถอยู่ในมิติที่คนอื่นสามารถมองเห็นได้ซึ่งจะถูกเรียกว่า แบบจำลองแสดงออก (expressed model) (Gilbert, 2004)

เพื่อที่จะทำความเข้าใจโลกและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้นั้นนักเรียนจะต้องสร้างองค์ความรู้จากความคิดของตนเองเพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งที่สนใจเสียก่อนเรียกว่าแบบจำลองทางความคิด (mental model) ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียนความคิดหรือแนวคิดที่มีอยู่ก่อนแล้วและประสบการณ์ที่ผ่านมา (Shepardson, 2007) แบบจำลองความคิดเหล่านี้มีประโยชน์หรือสามารถนำมาใช้งานได้เมื่อนักเรียนต้องการพยากรณ์หรืออธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ (Greca and Moreira, 2000) แบบจำลองทางความคิดเหล่านี้จะอยู่ภายในการสร้างองค์ความรู้ใหม่และขึ้นกับความรู้ใหม่ที่ได้ความคิดแนวคิดและประสบการณ์เสมอซึ่งมีความเป็นส่วนบุคคลและเปลี่ยนแปลงได้ง่าย (Greca and Moreira, 2000)

Kenneth Craik ได้อธิบายไว้ว่าแบบจำลองทางความคิดเป็นแบบจำลองที่มีขนาดเล็กที่ใช้ในการคาดคะเนเหตุการณ์และสร้างความรู้เพื่อที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในมุมมองของเขาแบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงเสมอและเป็นตัวแทนของโลกภายนอก (Craik, 1943 ถูกอ้างใน Chang, 2010) ทั้งนี้นักวิจัยบางคนก็เชื่อว่าแบบจำลองทางความคิดของบุคคลเป็นความสามารถในการเติมเต็มสิ่งที่ยังไม่รู้ในเรื่องต่างๆ ซึ่งบางที่อาจจะรวมไปถึงแนวคิดที่ขัดแย้งกันแนวคิดที่ไม่ถูกต้องและแนวคิดที่ไม่ได้จำเป็น (Coll, 2001) แบบจำลองทางความคิดจึงเป็นระบบที่ค่อยๆเปลี่ยนแปลงและพัฒนาจนสามารถนำไปใช้ได้แต่โดยปกติแล้วแบบจำลองทางความคิดจะไม่สมบูรณ์แบบและค่อนข้างไม่เสถียรซึ่งก็จะทำให้ตัวบุคคลนั้นๆได้มีการนำไปสู่การบรรยายการอธิบาย และการพยากรณ์ (Gilbert and Rutherford, 1998)

นอกจากนี้แบบจำลองทางความคิดยังเป็นการสร้างแนวคิดของมนุษย์ที่ใช้สำหรับอธิบายหรือบรรยายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่สามารถอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์นั้นๆได้โดยตรงและชัดเจนแบบจำลองทางความคิดเป็นความพยายามของมนุษย์ที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงและปรากฏการณ์ในโลกเพื่อให้มีแนวคิดในเรื่องนั้นๆอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น (Tobin and Hook, 1997)

งานวิจัยบางชิ้นพบว่าความเป็นจริงที่ว่าแบบจำลองจะแสดงออกถึงการเป็นตัวแทนของการสร้างความรู้ที่เป็นส่วนบุคคลนั้นไม่ได้หมายความว่าแบบจำลองจะถูกใช้เพียงอย่างเดียวในการที่จะบรรลุจุดประสงค์หนึ่งๆเพราะว่าการสร้างองค์ความรู้นั้นต้องอาศัยแนวโน้มทางสังคมร่วมด้วย (Hesse, 1966)

แต่ทั้งนี้แบบจำลองทางความคิดอาจนิยามในแบบโครงสร้างทางความรู้ซึ่งประกอบไปด้วยวัตถุสถานะที่วัตถุนั้นคงอยู่และกระบวนการที่จะทำให้วัตถุหนึ่งๆเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะที่คงอยู่ (Hafner and Stewart, 1995) และเนื่องจากว่าแบบจำลองทางความคิดมีความเป็นลักษณะเฉพาะตัวในการสังเกตฉะนั้นการที่ทำให้แบบจำลองทางความคิดของบุคคลเปิดเผยออกมาได้ทั้งหมดนั้นจึงเป็นสิ่งที่ไม่ง่ายเลยเพราะว่าผู้เรียนอาจจะมีพฤติกรรมการแสดงออกที่ไม่ได้สัมพันธ์กันกับความคิดเช่นผู้เรียนอาจคิดอย่างหนึ่งแต่แสดงพฤติกรรมออกมาขัดแย้งกับความคิดของตนเองด้วยที่ว่ามันขัดกับความเชื่อพื้นฐานที่มีมาก่อนแล้ว (Glynn and Duit, 1995)

เมื่อกล่าวถึงประเภทของแบบจำลองทางความคิดได้มีนักวิจัยหลายท่านที่ได้ทำการแบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดไว้ยกตัวอย่างเช่น Norman (1983) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองทางความคิดออกเป็น 4 ประเภทคือ

- ระบบของเป้าหมายเป็นระบบที่คนในสังคมกำลังใช้อยู่หรือเป็นระบบที่คนกำลังพยายามที่จะเรียนรู้
- แบบจำลองแนวคิดของระบบนั้นสร้างโดยนักวิทยาศาสตร์หรือครู และยังเป็นสิ่งที่ต้องได้รับการยอมรับด้วยว่าถูกต้องสอดคล้อง และสมบูรณ์แบบ
- แบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานในระบบนั้นซึ่งก็คือแบบจำลองที่เป็นส่วนบุคคลของใครก็ตามคนนั้น

- แนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์เป้าหมายคือสถานการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อพิสูจน์ว่าแบบจำลองสามารถใช้ได้จริง

ทั้งนี้ระบบของเป้าหมายนั้นเป็นอะไรก็ได้ที่สามารถเป็นตัวแทนของสิ่งที่สนใจได้และมันอาจจะเป็นตัวแทนของสิ่งหนึ่งๆทางกายภาพหรืออาจเป็นแบบจำลองของตัวเองก็ได้ดังนั้นอีก 3 ประเภทที่เหลือจึงเป็นเหมือนกับการแสดงให้วาระบบของเป้าหมายนั้นๆ กำลังเป็นตัวแทนของอะไรอยู่

โดยสรุปแล้วจากนิยามหรือคำอธิบายทั้งหมดนี้ฉันได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางความคิดว่า เป็นตัวแทนของภาพสะท้อนความคิดหรือโครงสร้างทางความคิดซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองของนักเรียนแต่ละคนในระหว่างการให้เหตุผลการบรรยายการอธิบายหรือการทำนายเหตุการณ์ปรากฏการณ์ โดยจะแสดงออกมาภายนอกในรูปของคำพูด การเขียนการใช้สัญลักษณ์ การวาดภาพลักษณะท่าทาง และวัตถุ

แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดของนักเรียน เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้องเป็นสิ่งที่ไม่ทำได้ แม้ว่ามันนักเรียนจะได้รับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้เป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนมัธยมก็ตามแต่นักเรียนหลายๆคนก็มีแนวโน้มว่าเมื่อจบการเรียน การสอนไปแล้วจะยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่เหมือนเช่นตอนก่อนเรียนการเข้าใจในแนวคิดทางเคมีเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ (Cachapuz and Maskill, 1987 และ Ragsdale *et al.*, 1998)

เนื่องมาจากความเป็นนามธรรมของธรรมชาติของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนักเรียนเข้าใจได้ยากและเขาจะเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (deVos and Verdonk, 1986 และ Justi, 2002) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็เป็นเรื่องที่มีความจำเป็นที่จะต้องมาก่อนที่เรียนรู้ในแนวคิดของเนื้อหาเรื่องอื่นๆในวิชาเคมีต่อไปโดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี

งานวิจัยของ Van Driel (2002) ได้ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างจลนพลศาสตร์เคมี โดยในงานวิจัยของเขาได้บอกว่าให้นักเรียนอธิบายถึงผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีผลปรากฏว่านักเรียนหลายคนสรุปได้ไม่ถูกต้องพวกเขาได้ให้เหตุผลว่าการชน

กันของอนุภาคที่เคลื่อนที่จะมีประสิทธิภาพที่ลดลงเพราะว่าอนุภาคจะด้งกลับเมื่อเกิดการชนขึ้น และนักเรียนบางคนยังเพิ่มเติมว่าโมเลกุลจะมีเวลาเพียงพอที่จะเกิดการแลกเปลี่ยนอะตอม แก่กัน

Chuephangam (2000) ได้สนใจศึกษาแนวความคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อำเภอเมืองเชียงใหม่จังหวัดเชียงใหม่เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือแบบวัดแนวความคิดคลาดเคลื่อนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งพบว่านักเรียนตีความเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีผิดร้อยละ 11.7-21.5 คำตอบของนักเรียนที่แสดงแนวความคิดคลาดเคลื่อนมีมากที่สุดถึงร้อยละ 21.5 คือการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีส่วนแนวความคิดคลาดเคลื่อนในการให้เหตุผลพบว่ามีร้อยละ 18.9 และเรื่องที่ทำให้นักเรียนให้เหตุผลที่มีแนวความคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุดถึงร้อยละ 18.9 ก็คือการให้เหตุผลเกี่ยวกับความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

Kousathana and Tsaparlis (2002) พบว่านักเรียนหลายคนในกลุ่มตัวอย่างจากประเทศกรีกล้มเหลวในการทำความเข้าใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นเป็นเนื้อหาที่มีแนวคิดต่างกันและไม่ได้สัมพันธ์กันโดยตรง

Griffiths (1994) ได้แสดงผลในงานวิจัยของเขาว่านักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาได้มีความคิดที่ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นก็คล้ายกับอาณาเขตของปฏิกิริยานั้นเองในงานวิจัยอื่นๆก็มีการรายงานแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเช่น Gorodetsky and Gussarsky (1986) ได้รายงานผลการวิจัยของเขาว่านักเรียนเข้าใจว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ได้สารผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น (โดยนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนแสดงผลของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ เนื่องจากนักเรียนเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในช่วงแรกผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับปล่อยให้ปฏิกิริยาปกติ แต่นักเรียนไม่ได้มีการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ภายหลังจากที่ปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้วทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน) เป็นต้น

ทั้งนี้ในหลายงานวิจัยได้กล่าวไว้ว่าแนวคิดหลายอย่างทางเคมีทางเคมีเป็นเรื่องที่เข้าใจยากสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่เนื่องจากวิชาเคมีมีธรรมชาติเป็นนามธรรม (BouJaoude, 1991) หัวข้ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีความเป็นโครงสร้างสูงจึงมักบรจุไว้ในช่วงกลาง ๆ ของหลักสูตร (Cachapuz and Maskill, 1987) ดังนั้นความเข้าใจในแนวคิดในเรื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงเป็นกุญแจสำคัญในการเรียนรู้เคมี (Ragsdale *et al.*, 1998)

นอกจากนี้ยังมีอีกหลายงานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในหน่วยการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีครอบคลุมความเข้าใจในเนื้อหาหน่วยอื่นๆของวิชาเคมีหลายเรื่องเนื้อหาเรื่องนี้มีความสำคัญต่อนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีที่จะต้องเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และควรที่จะต้องอธิบายให้ได้จากมุมมองประเด็นทางเคมีในสิ่งที่เกิดขึ้น CakmakCi, *et al.* (2005) ได้ทำงานวิจัยและสังเกตนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาหรือนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยพบว่ามีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอย่างมากในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ลักษณะของห้องเรียนที่เกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะสำคัญที่สามารถอธิบายได้ดังนี้ (ชาติศรี ฝ่ายคำตา, 2554)

1.1 กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

คำถามเชิงวิทยาศาสตร์จะเป็นคำถามใดๆก็ตามเกี่ยวกับวัสดุสิ่งของ สิ่งมีชีวิตและเหตุการณ์ในธรรมชาติรอบๆตัวการถามคำถามจะนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบการเก็บรวบรวมและใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งโดยทั่วไปคำถามที่นักวิทยาศาสตร์มักใช้จะมีอยู่สองลักษณะคือ “ทำไม” และ “อย่างไร” ตัวอย่างเช่น ทำไมวัตถุจึงตกลงบนพื้นโลก ทำไมหินบางชนิดมีผลึกเป็นต้นแต่ทั้งนี้คำถามที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ก็ได้เป็นคำถามว่า “ทำไม” เสมอไป แต่นักวิทยาศาสตร์จะใช้คำว่า “อย่างไร” ด้วยเพื่อให้คำตอบที่ได้นั้นสามารถที่จะนำเข้าสู่กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เนื่องจากคำถาม “อย่างไร” เป็นคำถามที่ทำให้กรอบ-แนวคิดมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

การเรียนการสอนในห้องเรียนคำถามจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ทั้งนี้คำถามอาจเกิดจากตัวผู้เรียนเองจากครู จากสื่อการเรียนการสอนหรือจากแหล่งการเรียนรู้อื่นๆก็ได้แต่ไม่ว่าจะเกิดจากที่ไหนครูก็จะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถามคำถามต้องเป็นคำถามที่มีความหมายสำหรับผู้เรียนคือสามารถใช้การสังเกตหรือใช้ความรู้ของตนเองในการสืบเสาะแสวงหาคำตอบได้และคำถามควรเป็นคำถามที่เหมาะสมกับระดับการพัฒนาการของผู้เรียนด้วยตัวอย่างเช่นคำถามสำหรับผู้เรียนในระดับประถมศึกษาอาจถามว่าความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งอย่างไรและคำถามสำหรับผู้เรียนที่เรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายถามว่าความดันมีผลต่อค่าคงที่สมดุลอย่างไรสำหรับตัวอย่างที่ไม่ก่อให้เกิดการสับสนและแสวงหาความรู้เช่น ทำไมมนุษย์ถึงแสดงพฤติกรรมออกมาเช่นนั้น คำถามนี้เป็นคำถามที่กว้างและไม่ชัดเจนและผู้เรียนอาจจะตอบบนพื้นฐานวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้เช่น ผู้เรียนอาจตอบว่า“ก็เพราะว่าเป็นธรรมชาติของมนุษย์” เป็นต้น

1.2 ผู้เรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การอธิบายคำตอบ

วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่นเพราะวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เป็นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นนักวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการเก็บข้อมูลที่แม่นยำจากการสังเกตนักวิทยาศาสตร์จะได้หลักฐานจากการสังเกตและการวัดโดยนักวิทยาศาสตร์อาจจะสังเกตและวัดสิ่งต่างๆที่ตนศึกษาในสถานที่ที่เป็นธรรมชาติหรือห้องทดลองก็ได้การสังเกตและการวัดนี้อาจอาศัยประสาทสัมผัสทั้งห้าและเครื่องมือต่างๆความแม่นยำของหลักฐานที่ได้จากการเก็บรวบรวมนั้นอาจทำได้โดยการตรวจสอบการวัดการสังเกตซ้ำหรือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกันแต่อยู่ปรากฏการณ์เดียวกัน

การเรียนการสอนในห้องเรียนผู้เรียนใช้หลักฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เช่น การสังเกตพืชการวัดแล้วบันทึกข้อมูลที่ได้จากการวัดการสังเกตปฏิกิริยาเคมีและติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างไรก็ตามหลักฐานที่ได้ อาจมาจากการปฏิสัมพันธ์กับครูสื่อการเรียนการสอนหรือการค้นคว้าจากเว็บไซต์ต่างๆและจากแหล่งการเรียนรู้อื่นๆก็ได้

1.3 ผู้เรียนอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติจากหลักฐาน

การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนหลักฐานของเหตุผลการอธิบายจะบอกให้ทราบถึงเหตุที่เกิดขึ้นและผลที่เกิดจากเหตุและแสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผลซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานและการโต้แย้งที่มีเหตุผลการอธิบายต้องมีความสอดคล้องกับหลักฐานที่ได้จากการสังเกตและการทดลองการอธิบายต้องใช้กระบวนการทางความคิดหลายอย่างด้วยกัน เช่น การจำแนก การวิเคราะห์การลงความคิดเห็นและการทำนายรวมไปถึงกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นตรรกะการอธิบายเป็นวิธีการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่เชื่อมโยงการสังเกตในสิ่งที่ไม่รู้หรือไม่คุ้นเคยกับสิ่งที่รู้อยู่แล้วดังนั้น นักเรียนจะสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้เดิมของตน

1.4 ผู้เรียนประเมินเกี่ยวกับการอธิบายของตนเอง

การประเมินเกี่ยวกับการอธิบายเป็นลักษณะหนึ่งที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ โดยคำถามในการประเมินจะถามว่าหลักฐานที่ได้สนับสนุนสิ่งที่อธิบายหรือไม่ การอธิบายเพียงพอที่จะตอบคำถามหรือไม่ การอธิบายจะส่งเสริมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสนทนาเปรียบเทียบและตรวจสอบผลของตนเองกับครูหรือสื่อการเรียนการสอนอื่นๆ ซึ่งทำให้นักเรียนทราบว่าตนเองสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างผลกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ และการอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในปัจจุบันหรือไม่

1.5 ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผลในการอธิบาย

นักวิทยาศาสตร์สื่อสารเพื่ออธิบายสิ่งที่ตนศึกษาด้วยวิธีการนำเสนอผลจากการศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์ต้องอ้างอิงถึงคำถามที่ตนศึกษาอย่างชัดเจนวิธีการดำเนินการศึกษาและหลักฐานต่างๆ ที่ได้จากการศึกษา การอธิบายสามารถนำไปสู่การตรวจสอบและการวิจารณ์ที่ชัดเจนทำให้นักวิทยาศาสตร์อื่นๆ สามารถใช้การอธิบายนี้ในการทำงานของตนโดยอาจเป็นพื้นฐานในการตั้งคำถามใหม่ต่อไป บรรยากาศในห้องเรียนนักเรียนควรมีโอกาสในการแลกเปลี่ยนการอธิบายเกี่ยวกับการศึกษาของตนกับผู้อื่นทำให้นักเรียนคนอื่นๆ มีโอกาสสอบถามหาหลักฐานหาเหตุผลคัดค้านให้คำแนะนำเกี่ยวกับการอธิบายอื่นๆ ที่เป็นไปได้ซึ่งสามารถนำไปสู่คำถามและเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีอยู่และการอธิบายที่นักเรียนนำเสนอ ดังนั้นนักเรียนสามารถลงมติเกี่ยวกับข้อวิจารณ์ของตนเองและผู้อื่นได้

2. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานมีรากฐานมาจาก 2 วิธีการจัดการเรียนการสอนซึ่งก็คือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือหาคำตอบด้วยตนเองของนักเรียนโดยครูมีหน้าที่ส่งเสริมช่วยเหลือและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ได้ (Joyce and Weil, 2000; Carin, 1993 และ Moore, 1994) ส่วนวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ศึกษาทั้งนี้ นักการศึกษาต่างๆ ได้กล่าวถึงกรอบแนวคิดและขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้อย่างหลากหลาย

และกล่าวไว้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรอีกด้วย (Maia and Justi, 2009)

การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนสามารถคิดหาคำตอบและให้เหตุผลด้วยแบบจำลองทางความคิดซึ่งนักเรียนจะสามารถตรวจสอบความถูกต้องของการให้เหตุผลของตนเองได้จากการสร้างการวิพากษ์และการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแบบจำลองที่ตนสร้างมาเพื่ออธิบาย (Khan, 2007)

โดยปกติแล้วการสอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้นั้นจะเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนค้นหาคำตอบของสิ่งที่อยากรู้สนับสนุนให้นักเรียนเข้าใจโลกโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งก็คือให้นักเรียนคิดแบบที่นักวิทยาศาสตร์คิดแต่ทั้งนี้แนวคิดของการให้เหตุผลด้วยแบบจำลองทางความคิดจะแตกต่างจากการให้เหตุผลโดยทั่วไปที่จะให้เหตุผลในรูปแบบของอุปนัยนิรนัย หรือแบบสมมติฐานนิรนัย (Nersessian, 2002) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือการให้เหตุผลด้วยแบบจำลองทางความคิดจะขยายความคิดของการให้เหตุผลดังกล่าวให้ชัดเจนกว่าด้วยตัวแทนของสิ่งที่สนใจซึ่งอาจจะเป็นการทดลองหรือการอุปมาเป็นต้น (Khan, 2007)

จากการศึกษางานวิจัยฉันจึงได้สรุปว่าการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นหมายถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ขั้นตอนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนจะต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือหาคำตอบด้วยตนเองของนักเรียนโดยที่ครูมีหน้าที่ส่งเสริมหรือช่วยเหลือและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบวิธีแก้ปัญหานั้นๆ ได้ทั้งนี้ในการหาคำตอบนั้นนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองออกมาเพื่อใช้ในการอธิบายด้วย

ในการอธิบายถึงหลักและวิธีในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถอธิบายได้ด้วยแผนภาพ model and modeling ซึ่งงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนิยมนำมาปรับใช้แต่ในงานวิจัยนี้ฉันได้ใช้แผนภาพของ Passmore *et al.* (2009) ซึ่งจะได้เน้นเพียงการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เพียงอย่างเดียวแต่จะมีการสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์แล้วจึงใช้แบบจำลองเป็นวิธีในการอธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพหลักการสร้างและการใช้แบบจำลอง

3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

งานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นมีหลายงานวิจัยเช่น ในงานวิจัยของ Windschitl (2007) ที่ได้มีการวิจัยเปรียบเทียบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ธรรมดาซึ่งผลการวิจัยพบว่าในการสอนแบบสืบเสาะเป็นธรรมดานั้นจะมีจุดมุ่งหมายในการสอนคือให้นักเรียนหารูปแบบของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเท่านั้นแต่ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานจะมีจุดมุ่งหมายในการสอนคือพัฒนาให้นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ด้วยนอกจากนี้แล้วในงานวิจัยนี้ยังได้ผลออกมาว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ถึง 5 ประเด็นคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สามารถตรวจสอบหรือทำซ้ำได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้คาดเดาหรือพยากรณ์เหตุการณ์ได้และความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถสร้างขึ้นได้ เมื่อศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าม้งงานวิจัยของ Ebrahim (2004) ได้ศึกษาผลการสอนแบบปฏิบัติการและการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา จำนวน 111 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 56 คนและกลุ่มควบคุม 55 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการสอนปกติ

กรอบแนวคิดของงานวิจัย

จากการทบทวนเอกสารทั้งหมดสามารถสรุปประเด็นสำคัญเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการทำงานวิจัยนี้ดังนี้

- แบบจำลองทางความคิด (Mental model)

แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในหัวของเราเมื่อเราได้รับการเรียนรู้หรือแม้เพียงแค่ได้พบเห็นสิ่งใดสิ่งหนึ่งสมองของเราจะจดจำภาพไว้และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนของสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือสิ่งที่ได้พบมา

- แบบจำลองแสดงออก (Expressed model)

แบบจำลองแสดงออกเป็นเสมือนตัวแทนของแบบจำลองทางความคิดเนื่องจากแบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่อยู่ในตัวคนเป็นการยากที่เราจะเห็นได้แล้วบอกได้ว่าคนคนนั้นได้เรียนรู้ว่าอย่างไรแบบจำลองแสดงออกจึงเป็นตัวแทนในการสื่อแบบจำลองทางความคิดของคนคนนั้นออกมาในรูปแบบที่คนอื่นทราบด้วยว่าคิดอย่างไรหรือได้เรียนรู้ว่าอย่างไรแบบจำลองแสดงออกมีหลายรูปแบบในการแสดงออกแต่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่การพูด การนำเสนอ การสร้างชิ้นงานการวาดภาพ บทบาทสมมติและการเล่าเรื่อง เป็นต้นและเนื่องจากแบบจำลองแสดงออกเป็นตัวแทนของแบบจำลองทางความคิดฉะนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้คำว่าแบบจำลองทางความคิดแทนแบบจำลองแสดงออกของนักเรียนทดลองงานวิจัยนี้

- แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model)

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เดิมเรียกว่าแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองแสดงออกแต่เมื่อนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆแล้วได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ว่าสามารถอธิบายได้ถูกต้องจึงพัฒนาเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และเป็นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ต้องการจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

- การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Inquiry: MBI)

การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการผสมผสานวิธีการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) และการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) ในงานวิจัยนี้ฉันใช้แกนหลักในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนจะมีลักษณะการเรียนรู้ที่นักเรียนจะเป็นผู้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองและมีการนำเสนอคำตอบกับเพื่อนในห้องเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้และอภิปรายร่วมกันผ่านการใช้แบบจำลองมาอธิบาย กล่าวคือนักเรียนจะได้รับสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความสงสัยและมุ่งแสวงหาคำตอบ แต่การนำเสนอคำตอบนั้นจะใช้แบบจำลองมาช่วยในการนำเสนอและมีการอภิปรายระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและครูกับนักเรียนในห้องด้วย และเมื่อนักเรียนได้มีการนำเสนอแบบจำลองและอภิปรายเรียบร้อยแล้วนักเรียนจะพบว่าแบบจำลองของตนเองนั้นมีจุดเด่นและจุดด้อยอย่างไรและได้มีการนำแบบจำลองมาปรับปรุงให้สามารถอธิบายคำตอบที่ตนเองพบนั้นให้ถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้นซึ่งในขั้นตอนนี้ฉันจะได้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหานั้นอย่างไรเพื่อที่จะได้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจนั้นของนักเรียน แต่ทั้งนี้ในแผนการจัดการเรียนรู้ฉันได้แบ่งออกเป็นเพียงชั้นนำชั้นสอน และชั้นสรุปแต่ไม่ได้ลงรายละเอียดของแต่ละชั้นไว้อย่างชัดเจน

บทที่ 3

วิธีวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยการสังเกตการสอนและประสบการณ์การฝึกสอนฉันมีมุมมองว่าในการสอนวิชาที่เป็นนามธรรมอย่างวิชาเคมีนั้นแบบจำลองเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนควรจะต้องใช้เพื่อนำมาประกอบคำอธิบายปรากฏการณ์หรือเนื้อหาหนึ่งๆที่นักเรียนเรียนหรือสนใจซึ่งโดยเฉพาะในเรื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เป็นเนื้อหาหนึ่งที่มีความเป็นนามธรรมและยากแก่การเข้าใจของนักเรียนฉันจึงมีความสนใจที่อยากจะศึกษาว่าหากฉันจัดการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วฉันจะมีวิธีการสอนอย่างไรจึงจะสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องนี้ได้การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานมีวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ข้างต้นงานวิจัยนี้ได้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อศึกษานักเรียนมีแบบจำลองอย่างไรเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานฉันได้นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย
2. กลุ่มที่ศึกษา
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย
4. รูปแบบงานวิจัย
5. การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

สถานที่ดำเนินการวิจัย

โรงเรียนสหศึกษานาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตจตุจักรกรุงเทพมหานคร เป็นโรงเรียนที่มีปรัชญาว่า “เป็นสถาบันที่ให้การศึกษอบรมกุลบุตรกุลธิดาให้พร้อมที่จะเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาพัฒนานักเรียนให้มีความเจริญงอกงามทางปัญญามีคุณธรรมจริยธรรมมีทักษะชีวิตและความรู้ความสามารถเต็มตามศักยภาพแห่งตนมีจิตสำนึกในหน้าที่นำประสบการณ์มาแก้ไขปัญหาที่เผชิญอยู่ได้อย่างเหมาะสมเพื่อความสุขความสงบและประโยชน์ของส่วนรวมเป็นสำคัญตามวิถีประชาธิปไตยบนพื้นฐานของความเป็นไทยอย่างมั่นคง” ฉะนั้นการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนแห่งนี้จะเน้นให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดอย่างสร้างสรรค์ตั้งอยู่บนหลักของเหตุและผลนอกจากนี้จุดเด่นของโรงเรียนแห่งนี้ก็คือมุ่งพัฒนานักเรียนทุกด้านให้เต็มตามศักยภาพแห่งตนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย

โรงเรียนแห่งนี้มีการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภายใต้กรอบของหลักสูตรที่กระทรวงศึกษาธิการประกาศใช้แต่ปรับรายละเอียดบางส่วนให้เป็นหลักสูตรท้องถิ่นที่ทันสมัยเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและความต้องการของประชาคมของโรงเรียนเช่น การจัดกิจกรรมสนทนาภาษาอังกฤษในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 2 และเริ่มเรียนภาษาอังกฤษในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีชั่วโมงสนทนาภาษาอังกฤษกับอาจารย์เจ้าของภาษาโดยตรงส่งเสริมให้นักเรียนเลือกเรียนอย่างหลากหลายตามความถนัดและความสนใจพร้อมทั้งจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อเพิ่มพูนทักษะความสามารถและประสบการณ์อย่างระบอบต่อเนื่องสอดคล้องกัน เช่น กิจกรรมศึกษานอกสถานที่ การเชิญวิทยากรภูมิปัญญาท้องถิ่น การประกวดแข่งขันทางวิชาการ การจัดนิทรรศการ ฯลฯ นอกเหนือจากการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาต่างๆ แล้วโรงเรียนยังมีกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนด้วยการจัดโครงการและกิจกรรมที่หลากหลายตามบริบทของโรงเรียนเพื่อส่งเสริมศักยภาพและพัฒนานักเรียนด้วยการดูแลนักเรียนอย่างใกล้ชิดจากอาจารย์ประจำชั้นและอาจารย์ที่ปรึกษา เช่น กิจกรรมสนทนายามเช้า กิจกรรมอิสระพัฒนาดน โครงการส่งเสริมความถนัดความสามารถและความสนใจพิเศษ โครงการค่ายจริยธรรมสัปดาห์ โครงการกิจกรรมเพื่อส่วนรวมในรูปแบบต่างๆ (ชมรมวิชาการชมรมอินเทอร์เน็ตเรคท์ ชมรมสวนพฤกษศาสตร์ ชมรมรักษ้าง ฯลฯ) โครงการแลกเปลี่ยนทางการศึกษาวัฒนธรรม และการกีฬา กับต่างประเทศในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกาและอังกฤษ รวม 8 โครงการและโครงการเรียนภาษาอังกฤษแบบเข้มในประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และจีน รวม 4 โครงการ เป็นต้น

ด้วยนโยบายของโรงเรียนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนั้น นอกจากจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนปกติทั่วไปแล้วโรงเรียนยังคำนึงถึงนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษให้มีโอกาสได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพโรงเรียนจึงได้จัดหลักสูตรการศึกษาพิเศษแก่นักเรียนที่มีภาวะสมรรถนะบกพร่องทางการเรียนรู้มีปัญหาพฤติกรรมและอารมณ์ภาวะออทิซึม

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 28 คนประกอบด้วยนักเรียนชายจำนวน 16 คนนักเรียนหญิงจำนวน 12 คนซึ่งนักเรียนในห้องเรียนนี้เป็นนักเรียนมีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และมีนักเรียนเพียงบางคนที่เป็โรคสมาธิสั้นซึ่งอาจส่งผลต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีของเขาได้ และทั้งหมดเป็นนักเรียนที่ได้รับการสุม่แบบเฉพาะเจาะจง

นักเรียนส่วนใหญ่ของห้องนี้เป็นนักเรียนที่มีความกล้าแสดงออกและมีความสนใจในการเรียน ฉันพบว่าเมื่อนักเรียนเข้าใจหรือได้เรียนสิ่งหนึ่งๆ แล้วเมื่อฉันให้นักเรียนออกมาอธิบายหรือตอบคำถามนักเรียนมักจะใช้การยกตัวอย่างแบบจำลองหรือบางครั้งก็ใช้อุปมาช่วยอธิบายเพื่อให้ฉันและเพื่อนในห้องเห็นภาพชัดเจนมากยิ่งขึ้น แต่เมื่อฉันได้สำรวจความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลและปฏิกิริยาดูดและคายความร้อน ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวทำให้ฉันนำมาปรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในหัวข้อนี้ตั้งแต่เริ่มต้นเสียก่อนแล้วจึงสอนในเนื้อหาของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีฉันเชื่อว่าจะทำให้นักเรียนสามารถที่จะเข้าใจในเนื้อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้มากขึ้น

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

หน่วยการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งมีหน่วยย่อย 4 หน่วย ได้แก่ ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความเข้มข้นของสารตั้งต้นพื้นที่ผิว และอุณหภูมิ)

รูปแบบงานวิจัย

รูปแบบงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis (1988 อ้างใน สุวิมล ว่องวานิช, 2547) มาเป็นแนวทางในการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งมีขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่เป็นวงจรต่อเนื่องกัน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนแผนการปฏิบัติ (Plan)

ฉันศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบวัดแนวคิดในเรื่องรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อหากรอบในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่จะสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนอกจากการศึกษาเอกสารแล้วฉันยังได้รวมกับการสะท้อนประสบการณ์การสอนของตัวเองที่พบว่านักเรียนเมื่อเข้าใจหรือได้เรียนสิ่งหนึ่งๆแล้วเมื่อฉันให้นักเรียนออกมาอธิบายหรือตอบคำถามการที่นักเรียนทำเช่นนี้ก็แสดงว่านักเรียนจะต้องมีการสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นในหัวของนักเรียนและแสดงออกมาในรูปของภาพวาดและคำอธิบายฉันจึงทราบว่าแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนนั้นเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องนี้แต่ทั้งนี้ก็มีนักเรียนหลายคนที่ไม่สามารถอธิบายหรือยกตัวอย่างใดๆประกอบได้หรืออาจอธิบายหรือยกตัวอย่างประกอบที่ไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้นอาจเป็นเพราะนักเรียนเหล่านั้นจำคำตอบมาหรืออื่นๆซึ่งนั้นก็ทำให้ฉันสามารถที่จะอนุมานได้ว่านักเรียนเหล่านั้นมีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรืออาจจะมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจนจึงไม่สามารถแสดงออกมาได้ฉะนั้นแล้วการที่ฉันจะทราบได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาหรือไม่นั้นนักเรียนก็ต้องมีการแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนออกมาในรูปของแบบจำลองแสดงออกเสียก่อนและการจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้นักเรียนได้เกิดความรู้ความเข้าใจนั้นฉันจึงคิดว่ายังไม่เพียงพอสำหรับนักเรียนนักเรียนควรจะได้มีการแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองด้วยเพื่อให้ครูและเพื่อนในห้องได้ร่วมกันตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องนั้นหรือไม่ฉันจึงคิดว่าการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองทางความคิดด้วยน่าจะเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียน

จากประสบการณ์ของตนเองในเรื่องของการเรียนเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีฉันได้เรียนรู้โดยที่ครูผู้สอนได้สอนให้จำสูตรการคำนวณและยกตัวอย่างข้อสอบมาให้ทำซึ่งตอนนั้นฉันก็รู้สึกเพียงแค่ว่าเป็นเรื่องที่ยากและฉันจะต้องจำให้ได้โดยไม่ได้รู้ว่าเนื้อหาเรื่องนี้มีความสำคัญหรือนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรบ้างการจัดการเรียนรู้เช่นนี้ฉันคิดว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ฉันจดจำเนื้อหาเรื่องนี้ได้เพียงชั่วระยะเวลาหนึ่งเท่านั้นเนื่องจากไม่ได้เข้าใจในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจริงๆฉันจึงคิดว่าหากมีการจัดการเรียนรู้ในเรื่องนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจได้โดยไม่ใช่แค่การจำสูตรและเอาโจทย์มาให้ทำก็อาจทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวันได้และเห็นความสำคัญของการเรียนในเนื้อหานี้มากขึ้นจากทั้งหมดที่ได้กล่าวไปนั้นฉันจึงได้แนวทางที่จะนำมาใช้เป็นกรอบในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คาบที่	เนื้อหาที่สอน	แนวคิดหลัก	กิจกรรมที่ใช้
1-3	ความหมายของอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หมายถึง ค่าที่ใช้บอกความเร็ว ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร ตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์ใน หนึ่งหน่วยเวลา	- ใช้คลิปวิดีโอการวิ่งเพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน - ให้นักเรียนหาผู้ที่วิ่งเร็ว เพื่อให้นักเรียนเข้าใจคำ ว่าอัตรา - เชื่อมโยงกับอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี
	การคำนวณหาอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยเป็น ค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของ สารตั้งต้นที่ลดลงหรือความ เข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ที่ เพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด ปฏิกิริยาต่อระยะเวลาที่ เกิดปฏิกิริยา	- ให้นักเรียนทำการ ทดลองเพื่อหาอัตราใน แบบต่างๆ - ให้นักเรียนสร้าง แบบจำลองอธิบาย เกิดปฏิกิริยาเคมีและ อธิบายว่า ณ จุดต่างๆนั้น ในระดับโมเลกุลปริมาณ สารจะต่างกันอย่างไร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

คาบที่	เนื้อหาที่สอน	แนวคิดหลัก	กิจกรรมที่ใช้
		อัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วงใดช่วงหนึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่ลดลงหรือความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ณ ช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งขณะที่ปฏิกิริยากำลังดำเนินอยู่	
		อัตราการเกิดปฏิกิริยาขณะใดขณะหนึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาขณะใดขณะหนึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่ลดลงหรือความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งหรือเวลาใดเวลาหนึ่งขณะที่ปฏิกิริยากำลังดำเนินอยู่	
4	แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี - ฤทธิ์การชนกันของอนุภาค	การชนกันของอนุภาคคือปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้เมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสมรวมทั้งต้องมีพลังงานที่เกิดจากการชนกันอย่างน้อยที่สุดปริมาณหนึ่งซึ่งเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์	- ให้นักเรียนแสดงบทบาทสมมติให้ตัวเองเป็นอะตอมของ A และ B ในปฏิกิริยา $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$ แล้วให้นักเรียนออกมาแสดงการเกิดปฏิกิริยาตามที่ตนเองเข้าใจ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

คาบที่	เนื้อหาที่สอน	แนวคิดหลัก	กิจกรรมที่ใช้
4	- ทฤษฎีสารเชิงซ้อน ก่อกัมมันต์	เมื่อสารเข้าทำปฏิกิริยากันจะมี สารใหม่เกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ และในระหว่างที่สารตั้งต้น เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์นั้นจะมี สารเชิงซ้อนกัมมันต์เกิดขึ้น ก่อนเพียงชั่วขณะแล้วสาร เชิงซ้อนกัมมันต์ก็สลายให้ ผลิตภัณฑ์ พลังงานก่อกัมมันต์ คือ พลังงานจำนวนน้อยที่สุดที่ เกิดจากการชนของอนุภาคของ สารตั้งต้นแล้วทำให้ เกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นค่าที่ คำนวณได้จากผลการทดลอง ซึ่งในแต่ละปฏิกิริยาจะมีค่า พลังงานก่อกัมมันต์ไม่เท่ากัน	- วิพากษ์และอภิปราย การแสดงของตนเอง และของเพื่อนในห้อง
5-6	พลังงานกับการ ดำเนินไปของ ปฏิกิริยาเคมี	ปฏิกิริยาดูดพลังงานเป็น ปฏิกิริยาที่มีการดูดพลังงานเข้า ไปสลายพันธะมากกว่าที่คาย ออกมาเพื่อสร้างพันธะโดยใน ปฏิกิริยาดูดความร้อนนี้สารตั้ง ต้นจะมีพลังงานต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์จึงทำให้สิ่งแวดล้อม เย็นลงอุณหภูมิลดลงเมื่อเอามือ สัมผัสภาชนะจะรู้สึกเย็น	- ให้อธิบายปฏิกิริยาดูดและ คายความร้อนแก่นักเรียนโดยปฏิกิริยา คายความร้อนใช้ $\text{HCl(aq)} + \text{NaOH(aq)}$ ส่วนปฏิกิริยาดูดความ ร้อนใช้ $\text{Ca(OH)}_2\text{(aq)} + \text{NH}_4\text{Cl(aq)}$

ตารางที่ 1 (ต่อ)

คาบที่	เนื้อหาที่สอน	แนวคิดหลัก	กิจกรรมที่ใช้
5-6	พลังงานกับการ ดำเนินไปของ ปฏิกิริยาเคมี	ปฏิกิริยาคายพลังงานเป็น ปฏิกิริยาที่มีการดูดพลังงานเข้า ไปสลายพันธะน้อยกว่าที่คาย ออกมาเพื่อสร้างพันธะโดยใน ปฏิกิริยาคายพลังงานนี้สารตั้งต้น จะมีพลังงานสูงกว่าผลิตภัณฑ์จึง ให้พลังงานความร้อนออกมาสู่ สิ่งแวดล้อมทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเอามือสัมผัสภาชนะจะรู้สึก ร้อน	- ให้นักเรียนบอกความ แตกต่างของสอง ปฏิกิริยานี้และอภิปราย ว่าเหตุใดจากนั้นใช้ กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานกับการดำเนิน ไปของปฏิกิริยามา อธิบาย
7-12	ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี	ถ้าสารตั้งต้นมีความเข้มข้นมาก ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเร็วเนื่องจาก สารตั้งต้นมีโอกาสชนกันมากขึ้น บ่อยขึ้น สารตั้งต้นที่เป็นของแข็งที่มีพื้นที่ ผิวสัมผัสมากจะทำปฏิกิริยาได้ เร็วขึ้นเนื่องจากสัมผัสกันมากขึ้น การที่อุณหภูมิของสารตั้งต้น เพิ่มขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะ เพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิ สูงขึ้นโมเลกุลของสารในระบบจะ มีพลังงานจลน์สูงขึ้นและมีการชน กันของโมเลกุลมากขึ้น	- ให้นักเรียนสร้าง สมมติฐานและออกแบบ การทดลองเพื่อพิสูจน์ สมมติฐานเกี่ยวกับ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี - ให้นักเรียนสร้าง แบบจำลองเพื่ออธิบาย ว่าอุณหภูมิพื้นที่ ผิวสัมผัสและความ เข้มข้นของสารตั้งต้นมี ผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาอย่างไร - ให้นักเรียนออกมา นำเสนอและอภิปราย ร่วมกัน

จากตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ฉันได้ออกแบบไว้นั้นในการทำงานวิจัยจริงฉันไม่ได้เพียงแค่วางแผนตามตารางหากแต่ได้มีการลงรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้รายละเอียดย่อยอย่างละเอียดอีกด้วยว่าจะมีการนำเข้าสู่บทเรียนอย่างไร ใช้คำถามลักษณะใด กิจกรรมที่ใช้มีรายละเอียดย่อยอย่างไร เป็นต้น แต่ทั้งนี้ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ก็สามารถแปลงแปลงรูปแบบกิจกรรมได้ตามความเหมาะสม ซึ่งก็คือเมื่อเสร็จจากการจัดกิจกรรมตามแผนแรกฉันได้มีการสะท้อนความคิดผ่านบันทึกหลังการสอนและอนุทินของนักเรียนเพื่อวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาและอุปสรรค รวมทั้งแนวทางในการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะของแผนด้วย ผลที่ได้เหล่านี้จะถูกนำไปปรับใช้กับกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้แผนถัดๆ ไป เพื่อให้กระบวนการจัดการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดและเพื่อให้ได้แนวทางการสอนที่สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้นั่นเอง

2. ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ฉันนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สร้างขึ้นไปใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเริ่มดำเนินการสอนตั้งแต่วันที่ 17 มิถุนายน 2557 ถึงวันที่ 9 กรกฎาคม 2557 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 12 คาบคาบละ 50 นาที

3. ขั้นสังเกตผลการปฏิบัติ (Observe)

ในขณะที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนฉันจะสังเกตและบันทึกข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ขั้นนี้เป็นขั้นเกิดขึ้นไปพร้อมกับขั้นที่ 2 คือขั้นปฏิบัติการ กล่าวคือในขณะที่ฉันปฏิบัติการสอนหรือจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนนั้นฉันก็จะมีสังเกตผลการปฏิบัติไปด้วยพร้อมๆ กันทำให้การจัดการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความเป็นธรรมชาติในขั้นนี้สิ่งที่ฉันได้สังเกตมีประเด็นอันได้แก่ กระบวนการของการปฏิบัติ ผลของการปฏิบัติ สภาพแวดล้อมและข้อจำกัดของการปฏิบัติ เพื่อที่จะนำข้อมูลในขั้นนี้ไปวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบในขั้นต่อไปนั่นเอง

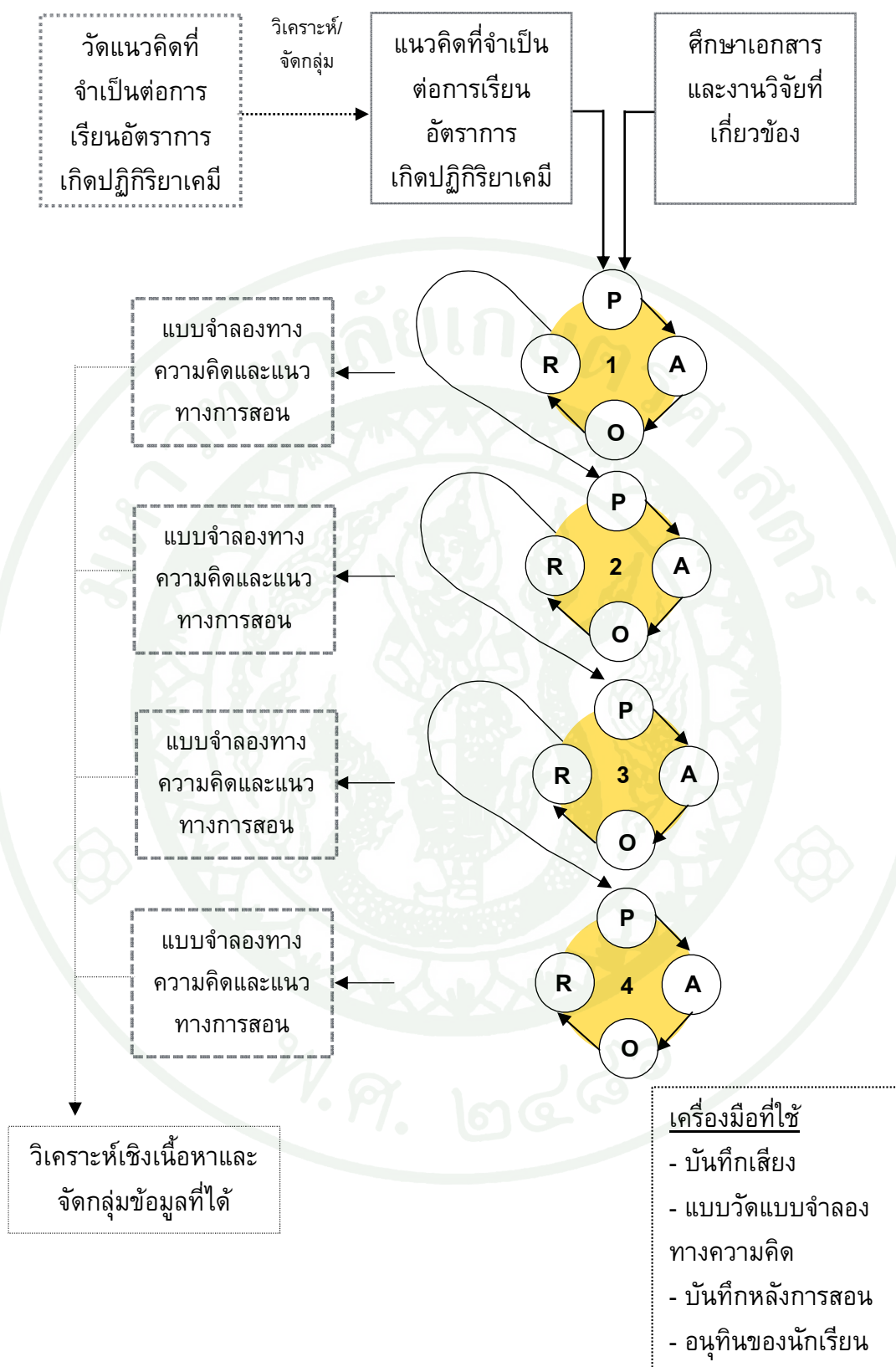
ในขั้นนี้เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 (นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไรเมื่อได้เรียนรู้ด้วยการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน) ฉันใช้เครื่องมือคือ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

และเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 (ฉันจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไรด้วยการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลอง เป็นฐาน) ฉันใช้เครื่องมือดังนี้ อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนและบันทึกหลังการสอน (โดย ได้จากตัวฉันเป็นหลักและร่วมกับจากอาจารย์พี่เลี้ยง)

4. ขั้นตอนการปฏิบัติ (Reflect)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตผลการปฏิบัติมาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็น แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปซึ่งก็คือเป็นการตอบ คำถามงานวิจัยทั้งสองข้อนั่นเอง

แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ ฉันให้ 1 แผนการจัดการเรียนรู้คือ 1 วงจร (มีทั้งหมด 4 แผนคือ 4 วงจรนั่นเอง) โดยแต่ละวงจรจะให้ข้อมูลที่เป็นแบบจำลองทางความคิด ของนักเรียนในแนวคิดย่อยนั้นๆ และแนวทางในการจัดการเรียนรู้ เมื่อฉันได้ผลการวิเคราะห์ จากแต่ละวงจรแล้วฉันได้มีการนำเอาผลการวิเคราะห์ปรับใช้โดยทันทีในวงจรถัดมาเพื่อให้ ปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในจรรก่อนหน้านั้นไม่เกิดขึ้นอีกในวงจรถัดไป หรือนำเอาจุดเด่นของแผนก่อนหน้านั้นไปใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนต่อไปในแผนถัดไป เป็นต้น โดยฉัน ได้สรุปขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

จากคำถามงานวิจัยของฉันททั้ง 2 ข้อฉันได้มีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. คำถามข้อที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไรเมื่อได้เรียนรู้ด้วยการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เครื่องมือที่ฉันใช้คือแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

1.1 แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในหัวข้อหลัก 4 หัวข้อในเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอันได้แก่ ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความเข้มข้นของสารตั้งต้นพื้นที่ผิว และอุณหภูมิ) ซึ่งประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 7 ข้อโดยมีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิดและงานวิจัยที่มีการวัดแบบจำลองทางความคิดว่าเขาใช้เครื่องมือที่มีลักษณะคำถามเป็นเช่นใด และในเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นคำถามลักษณะใดที่จะเป็นคำถามที่สามารถล้วงเอาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

2) ออกแบบเครื่องมือวัดแบบจำลองทางความคิดโดยครอบคลุมเนื้อหา 4 หัวข้อหลักดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น รวมทั้งหมด 7 ข้อ

3) นำแบบวัดที่ได้นั้นไปตรวจสอบคุณภาพโดยส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและรองเป็นผู้ตรวจสอบก่อนแล้วจึงนำมาแก้ไขก่อนที่จะส่งไปให้ผู้เชี่ยวชาญอีก 3 ท่านเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพอีกครั้ง

4) นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดไปใช้

ซึ่งฉันได้เก็บรวบรวมหลังจากที่นักเรียนเรียนเนื้อหา นั้น ๆ จบทีละหัวข้อ แล้วจึงเก็บข้อมูลทันทีโดยไม่รอให้นักเรียนเรียนจนจบทั้งหน่วยเสียก่อน เมื่อได้ข้อมูลในแต่ละข้อมาแล้วฉันจึงนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาด้วยวิธีอุปนัยโดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังข้อ 1.2

1.2 การวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1) นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนตอบแล้วมาแบ่งกลุ่มตามหัวข้อจะแบ่งย่อยได้ทั้งหมด 7 หัวข้อคือ 1) ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณ 2) แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3) พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี พลังงานก่อกัมมันต์และ 5) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 6) พื้นที่ผิวและ 7) อุณหภูมิ)

2) ฉันได้มีการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องเรื่องของการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดและได้นำมาปรับใช้กับของผลการวิจัยของฉันจึงแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ 1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนในกลุ่มสามารถแสดงแบบจำลองได้ถูกต้องและมีคำอธิบายที่ถูกต้องครบถ้วน 2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วน นักเรียนในกลุ่มนี้มีลักษณะคือแสดงแบบจำลองได้ถูกต้องแต่คำอธิบายนั้นยังไม่ครบถ้วนหรือมีบางจุดที่คลาดเคลื่อนไปบ้าง 3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ในส่วนของกลุ่มนี้นักเรียนจะแสดงแบบจำลองถูกต้องแต่คำอธิบายคลาดเคลื่อนทั้งหมดหรือไม่ถูกต้องไปเลยหรืออาจจะมีคำอธิบายที่ถูกต้องแต่แสดงแบบจำลองไม่ชัดเจนคลาดเคลื่อน หรือไม่ถูกต้อง 4) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องสมบูรณ์ กลุ่มนี้นักเรียนจะแสดงแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องคลาดเคลื่อนหรือไม่แสดงแบบจำลองและมีคำอธิบายที่ไม่ถูกต้องคลาดเคลื่อนหรือไม่แสดงคำอธิบาย

3) ฉันจัดกลุ่มนักเรียนตามเกณฑ์ในข้อ 2) จะได้คำตอบของนักเรียนออกมาเป็น 4 กลุ่มดังที่ได้แบ่งประเภทไว้ในข้อที่ 2)

4) เมื่อได้กลุ่มใหญ่ 4 กลุ่มแล้วฉันได้มีการจัดกลุ่มย่อยในกลุ่มใหญ่อีกด้วยเพื่อพิจารณาว่าในกลุ่มใหญ่นั้นลักษณะคำตอบของนักเรียนเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

5) เมื่อฉันจับกลุ่มเสร็จทั้งหมดแล้วได้มีการนำผลการจัดไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รองเพื่อหาคุณภาพในการจัดกลุ่มให้มีความเที่ยงมากขึ้น

2. คำถามข้อที่ 2 ฉันจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างไรด้วยการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เครื่องมือที่ฉันใช้ได้แก่

2.1 บันทึกหลังการสอน

บันทึกหลังการสอนเป็นการเขียนบันทึกเรื่องราวต่างๆที่เกิดขึ้นในคาบเรียนและมีการสะท้อนเรื่องราวเหล่านั้นโดยตัวของตนเองซึ่งจะมีประเด็นหลักในการบันทึกอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 ประเด็นคือ 1) สิ่งที่ฉันวางแผนไว้ส่วนแรกจะเป็นแผนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของฉันที่ได้ออกแบบไว้ในตอนแรกว่าในคาบนั้นๆฉันจะสอนอะไรบ้างและแต่ละหัวเรื่องย่อยใช้เวลาในการสอนประมาณกี่นาที 2) สิ่งที่ฉันสังเกตได้ในส่วนนี้ฉันจะเขียนเล่าถึงสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียนขณะที่ฉันสอนว่าเกิดอะไรขึ้นบ้างฉันสอนอย่างไรใช้เวลาในการสอนเนื้อหาส่วนไหนมากน้อยกิจกรรมที่ฉันจัดให้นักเรียนในแต่ละคาบนั้นๆนักเรียนให้ความสนใจหรือความร่วมมืออย่างไรบ้างและฉันใช้วิธีการใดบ้างในการควบคุมชั้นเรียน 3) จุดเด่นและจุดด้อยของการสอนฉันจะวิเคราะห์ว่าในคาบนั้นๆการสอนของฉันมีจุดเด่นและจุดด้อยใดบ้างวิธีการสอนใดของฉันในคาบที่ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกเข้าใจ และกระตือรือร้นในการเรียนหรือวิธีการใดของฉันในคาบที่ทำให้นักเรียนเบื่อไม่อยากเรียนหรือไม่เข้าใจไม่อยากเข้าใจในสิ่งที่ฉันสอนและ 4) สิ่งที่จะปรับปรุงแก้ไขหรือข้อเสนอแนะส่วนนี้เป็นส่วนที่ฉันจะเขียนถึงสิ่งที่ฉันทำแล้วได้ผลล้มเหลวเพื่อให้ในคาบถัดไปควรมีการปรับหรือเปลี่ยนวิธีใหม่ในการสอนหรือหากได้ผลดีฉันก็จะได้มีการนำวิธีการนั้นๆไปใช้ในคาบเรียนถัดไปและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพนั่นเองนอกจากนี้ในส่วนนี้ยังเป็นการเขียนเพื่อนำไปปรับแผนการจัดการเรียนรู้แผนถัดไปด้วยเช่นบางเรื่องหรือบางวิธีการที่ฉันเห็นว่าถ้าได้ทำนักเรียนอาจจะสนุกและให้ความร่วมมือกับการเรียนมากกว่าหรือหากทำแล้วนักเรียนจะเข้าใจได้ง่ายขึ้น เป็นต้น โดยฉันมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องนี้ดังนี้

1) มีการกำหนดประเด็นที่ต้องการข้อมูล (คือทั้ง 4 ข้อที่ได้กล่าวข้างต้นอันได้แก่สิ่งที่ฉันวางแผนไว้สิ่งที่ฉันสังเกตได้จุดเด่นและจุดด้อยของการสอนและสิ่งที่จะปรับปรุงแก้ไขหรือข้อเสนอแนะ) เพื่อให้การบันทึกหลังการสอนนั้นครอบคลุมประเด็นและจะสามารถสะท้อนการสอนออกได้หลายมุมมองมากขึ้น

2) เขียนบันทึกหลังการสอนตามที่ระบุประเด็นไว้

3) นำบันทึกหลังการสอนในแต่ละคาบปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเพื่อขอคำแนะนำรูปแบบในการเขียนสะท้อนความคิดในแต่ละประเด็น

2.2 อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

ฉันได้ให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเป็นรายสัปดาห์ลงในสมุดโดยฉันได้กำหนดหัวข้อให้ 4 หัวข้ออันได้แก่ 1) สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการเรียนคือความรู้ที่ฉันได้สอน

นักเรียนไปในส่วนนี้ฉันอยากตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนว่าเขาเข้าใจในสิ่งที่ฉันได้สอนว่าอย่างไรเข้าใจได้ถูกต้อง คลาดเคลื่อนหรือเข้าใจผิดเพื่อที่ฉันจะได้มองเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ตามฉันสอนทันหรือไม่ฉันสอนเร็วหรือช้าเกินไปในมุมมองของเด็กนักเรียน 2) สิ่งที่ยากให้ปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไปส่วนนี้เป็นส่วนที่นักเรียนจะเขียนเกี่ยวกับการสอนของฉันที่นักเรียนเห็นว่าฉันยังทำได้ไม่ดีหรือแนะนำวิธีการในการควบคุมชั้นหรือนำเทคนิคการสอนอื่นๆ 3) ปัญหาและอุปสรรคที่นักเรียนมีระหว่างเรียนคือสิ่งที่ทำให้นักเรียนเรียนได้โดยไม่มีความสุขหรือเรียนได้ไม่เต็มที่ปัญหาในประเด็นนี้จะเป็นปัญหาที่ไม่ได้เกิดจากตัวของนักเรียนเองและ 4) ความรู้สึกที่มีต่อการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ของฉันประเด็นนี้เป็นประเด็นที่นักเรียนจะเขียนบอกเล่าถึงความรู้สึกของนักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ฉันสอนว่านักเรียนชอบ ไม่ชอบ สนุกน่าเบื่อ ง่วง หรือตื่นเต้นซึ่งฉันจะได้นำไปปรับในแผนการจัดการเรียนรู้ของฉันต่อไปซึ่งมีวิธีการสร้างดังนี้

1) ฉันได้มีการอธิบายและชี้แจงวัตถุประสงค์ของการเขียนอนุทินและระบุประเด็นของการเขียนทั้ง 4 ประเด็น (สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการเรียนสิ่งที่อยากให้ปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไปปัญหาและอุปสรรคที่นักเรียนมีระหว่างเรียนและ ความรู้สึกที่มีต่อการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ของฉัน) ให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน

2) ให้นักเรียนเขียนประจำสัปดาห์แล้วนำมาส่งฉันสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

3) นำอนุทินแต่ละครั้งไปพูดคุยกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเพื่อพิจารณาว่าประเด็นที่กำหนดแต่ละครั้งนั้นคำตอบของนักเรียนตอบสนองคล้องกับสิ่งที่ต้องการหรือไม่เพื่อเพิ่มหรือลดประเด็น

เมื่อฉันได้ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในระหว่างนั้นฉันก็เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆไปด้วยจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาแบบอุปนัยโดยจัดกลุ่มข้อมูลที่ได้แล้วพิจารณาแนวทางคำตอบของนักเรียนว่านักเรียนส่วนใหญ่เขียนประเด็นใดบ้างการสะท้อนการสอนของฉันว่าได้เขียนสะท้อนในประเด็นใดบ้างแล้วจัดกลุ่มตามข้อมูลประเด็นที่นักเรียนฉันและอาจารย์พี่เลี้ยงได้เขียนมาและรวมจากกลุ่มเล็กๆให้กลายเป็นกลุ่มใหญ่โดยการรวมประเด็นย่อยๆที่มีลักษณะคล้ายกันให้กลายเป็นประเด็นใหญ่เพื่อให้ได้มาซึ่งลักษณะการสอนที่นักเรียนเรียนแล้วได้ความรู้และมีความสุขกับการเรียนแต่ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จะเป็นเพียงข้อมูลส่วนหนึ่งฉันจะนำไปรวมกับผลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดด้วยซึ่งฉันสรุปวิธีการวิเคราะห์แนวทางการสอนอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังต่อไปนี้

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์แนวทางการสอนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1) ฉันนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังการสอนมาทำการแยกประเด็นย่อยๆ ในบันทึกหลังการสอนนั้น เช่น

“...ฉันใช้คลิปวีดิทัศน์การวิ่งมาให้นักเรียนได้ดู...” (จากแผนการสอนคาบที่ 1)

ฉันจะแยกประเด็นนี้ว่า“ใช้คลิปวีดิทัศน์”

“...ฉันถามนักเรียนซ้ำว่าใช้หรือ รู้ได้อย่างไรว่าคนนั้นวิ่งเร็วที่สุด..” (จากแผนการสอนคาบที่ 1)

ฉันจะแยกประเด็นนี้ว่า“ถามเพื่อท้าทายและซักไซ้ไล่เลียง”

2) เมื่อฉันแยกประเด็นย่อยๆ แล้วฉันได้มีการจัดกลุ่มใหญ่โดยพิจารณาจากกลุ่มย่อยของบันทึกหลังการสอนทุกคาบเพื่อรวมเป็นประเด็นใหญ่ดังตัวอย่าง

“...ฉันใช้คลิปวีดิทัศน์การวิ่งมาให้นักเรียนได้ดู...” (จากแผนการสอนคาบที่ 1)

ฉันจะแยกประเด็นนี้ว่า“ใช้คลิปวีดิทัศน์”

“...ในคาบนี้ นักเรียนดูจะสนุกกับคลิปการ์ตูนที่ฉันนำมา...” (จากแผนการสอนคาบที่ 12)

ฉันจะแยกประเด็นนี้ว่า“ใช้คลิปวีดิทัศน์”

ดังนั้นฉันจะจัดกลุ่มประเด็น“ใช้คลิปวีดิทัศน์” เข้าไว้ด้วยกันเป็นประเด็นใหญ่

3) จากนั้นพิจารณาร่วมกับอนุทินของนักเรียนและแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนว่านักเรียนเข้าใจในเนื้อหาอื่นๆ โดยรวมเป็นอย่างไรแล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ฉันจับกลุ่มไว้แล้วว่าสอดคล้องกันหรือไม่ดังตัวอย่าง

“...ชอบที่ครูใช้การ์ตูนอยากให้เอามาอีกบ่อยๆ...” “...ดูคลิปการ์ตูนแล้วทำให้เข้าใจมากขึ้น...” (อนุทินของนักเรียนในสัปดาห์สุดท้ายของการสอนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) ซึ่งสอดคล้องกับบันทึกหลังการสอนของฉันที่ว่า“คลิปวีดิทัศน์ทำให้นักเรียนเข้าใจได้มากขึ้นและนักเรียนก็ชอบอีกด้วย” ฉันจึงจัดให้ข้อมูลกลุ่มนี้เป็นกลุ่มแนวทางการสอนอีกวิธีการหนึ่ง

บทที่ 4

ผลการวิจัย และวิจารณ์

จากคำถามที่ฉันได้ถามคือฉันจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างไรด้วยการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไรเมื่อได้เรียนรู้ด้วยการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานฉันได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งที่ฉันสนใจอ่านงานวิจัยออกแบบแผนการเรียนรู้และได้ลงมือทำการวิจัยตามรูปแบบงานวิจัยประเภทงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนแล้วฉันจึงได้นำข้อมูลที่ได้ออกมาจากอนุทินและบันทึกหลังการสอนของฉันอนุทินของนักเรียนและแบบวัดแบบจำลองทางความคิดมาทำการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามดังกล่าวฉันจึงขอเสนอข้อค้นพบเป็นลำดับดังนี้

แนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นก่อนเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เนื้อหาเคมีในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นอีกหนึ่งแนวคิดที่มีความสำคัญต่อวิชาเคมี (ดังได้อธิบายไปในบทที่ 1) เนื่องจากการเข้าใจเนื้อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะส่งผลต่อการเข้าใจในเรื่องของสมดุลเคมีและเรื่องอื่นๆ ต่อไป แต่การที่จะเข้าใจในเรื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นนักเรียนควรมีความรู้ที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการเรียนรู้ในเรื่องนี้เสียก่อน เนื่องจากการวางแผนจัดการเรียนรู้ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่องนี้ หากไม่ได้มีการวัดความรู้ที่จำเป็นก่อนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนอาจไม่สมบูรณ์เนื่องจากฉันจะไม่สามารถระบุได้ว่าเนื้อหาส่วนใดที่ควรให้เวลามากเป็นพิเศษเนื่องจากนักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน หรือเนื้อหาใดที่ฉันไม่ควรลงรายละเอียดมากเนื่องจากนักเรียนเข้าใจดีอยู่แล้ว เป็นต้น ทั้งนี้ฉันได้ระบุหัวข้อของความรู้ที่จำเป็นต้องใช้จากการพิจารณาเนื้อหาที่สอนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งมีอยู่ 4 หัวข้ออันได้แก่ปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาคูดและคายความร้อนพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยาเคมี

ในการวิเคราะห์ความถี่ที่จำเป็นของนักเรียนนี้ฉันได้วิเคราะห์โดยใช้แบบวัดแนวคิดที่วัดทั้ง 4 ประเด็นดังที่ได้กล่าวไปข้างต้นและจากการจัดกลุ่มแนวคิดโดยปรับจากของ Haidar (1997) and Abraham (1992) พบว่านักเรียนมีความรู้ที่จำเป็นแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามเนื้อหา ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มความรู้ที่จำเป็นต้องใช้เรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แนวคิดที่เกี่ยวข้อง/กลุ่มแนวคิด	จำนวนคนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม (ร้อยละ)			
	ปฏิกิริยาเคมี	การดูด-คายความร้อน	พลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา	กระบวนการเกิดปฏิกิริยา
แนวคิดถูกต้อง	6 (22)	11 (39)	7 (25)	12 (43)
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	21 (75)	6 (22)	18 (64)	3 (11)
แนวคิดไม่ถูกต้อง	1 (3)	11 (39)	3 (11)	11 (39)
ไม่มีแนวคิด	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (7)

จากตารางจะเห็นว่าในแนวคิดปฏิกิริยาเคมีนั้นนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนซึ่งในส่วนที่นักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่นั้นคือนักเรียนยังเข้าใจยังเข้าใจว่าปฏิกิริยาเคมีนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการตั้งต้น 2 ตัวขึ้นไปดังตัวอย่าง

“ปฏิกิริยาเคมีคือ การที่สาร 2 อย่างมาสร้างพันธะกันและเกิดสารชนิดใหม่”

“ปฏิกิริยาเคมีคือ ปฏิกิริยาของสารสองชนิดขึ้นไปทำให้เกิดสารใหม่ขึ้นมา”

“ปฏิกิริยาเคมีคือ สารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปปฏิกิริยากันแล้วเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ใหม่, เปลี่ยนสี, เกิดแก๊ส, เกิดตะกอน”

แต่ขณะเดียวกันในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนนี้ยังมีนักเรียนที่สามารถอธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้องแต่กลับไม่สามารถยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีได้โดยยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีดังนี้

“ตัวอย่างเช่นการตกตะกอน”

“ตัวอย่างเช่นมีน้ำและลูกเหม็นมาใส่รวมกันในบีกเกอร์และนำแท่งแก้วมาคน”

ในเรื่องการดูด-คายความร้อนนั้นนักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ในสองกลุ่มที่เท่าๆกันคือมีแนวคิดที่ถูกต้องและมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องร้อยละ 39 ซึ่งจากคำถามของฉันทิถามว่า

“นักเรียนคิดว่าถ้าหากจะพิจารณาว่าปฏิกิริยา $A + B \rightarrow C$ เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนหรือคายความร้อนนั้นนักเรียนจะทราบได้อย่างไร”

นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มที่ 1 หรือกลุ่มแนวคิดถูกต้องนั้นจะมีคำตอบดังตัวอย่าง

“พิจารณาจากพลังงานที่ใช้สลายพันธะ A (E_A) และ B (E_B) เปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้สร้างพันธะของสาร C (E_C) ถ้า $E_A + E_B > E_C$ เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนและถ้า $E_A + E_B < E_C$ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน”

“ให้พิจารณาสิ่งที่อยู่รอบๆถ้าคาย สิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นจะร้อนแต่ถ้าดูด สิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นจะเย็น”

จะเห็นว่านักเรียนนักเรียนในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์นี้จะมีคำตอบที่แสดงให้เห็นว่าควรพิจารณาพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะและการสร้างพันธะว่าพลังงานใดที่มีค่ามากกว่ากันโดยจะต้องไม่มีการระบุว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายเนื่องจากข้อมูลที่โจทย์กำหนดนั้นไม่เพียงพอ

ในขณะที่เดียวกันนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (กลุ่มที่ 3) นั้นซึ่งมีจำนวนเท่ากับกลุ่มแรกคำตอบของนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มนี้จะตอบว่าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนทั้งหมดโดยให้เหตุผลเพียงว่านักเรียนเคยเรียนมาว่า“สร้างคายสลายดูด” แต่นักเรียนไม่ได้ให้รายละเอียดแต่อย่างใดว่าเหตุใดจึงคิดว่าในปฏิกิริยานี้จึงมีเพียงการสร้างแต่ไม่มีการสลายและนอกเหนือจากนั้นนักเรียนหลายคนก็ยังไม่ได้เหตุผลด้วยว่าสร้างคายสลายดูดคืออะไรดังตัวอย่าง

“คายเพราะเป็นการสร้างพันธะระหว่าง A, B ได้ C (คายความร้อนคือการสร้างพันธะ)”

“กายเพราะสร้างกาย สลายดูด”

ส่วนเรื่องพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิริยานั้นมีคำถามคือ

“นักเรียนคิดว่าการที่ปฏิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้นั้นจำเป็นต้องมีพลังงานมาเกี่ยวข้องหรือไม่ถ้ามีจะมีพลังงานใดที่เกี่ยวข้องบ้าง”

จากการวิเคราะห์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 64 อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนโดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่าการที่ปฏิริยาเคมีเกิดขึ้นได้นั้นจำเป็นต้องมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องแต่นักเรียนไม่อาจบอกได้ว่าเป็นพลังงานอะไรดังตัวอย่างคำตอบ

“ต้องมีเพราะว่าไม่ว่าการเกิดปฏิกิริยาแบบสลายหรือสร้างต่างต้องใช้พลังงานเช่นพลังงานสลายพันธะพลังงานความร้อนเพราะมันยึดเหนี่ยวกันในระดับโมเลกุล”

“มีเพราะการที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นจะต้องมีพลังงานในหลายๆกระบวนการมาเกี่ยวข้อง”

และสุดท้ายแนวคิดเรื่องกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งนั้นมีคำถามดังนี้

“นักเรียนคิดว่าการที่ปฏิริยาเคมีเกิดขึ้นได้นั้นจะต้องมีกระบวนการใดที่เกี่ยวข้องบ้าง”

จากการวิเคราะห์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ถึงร้อยละ 43 โดยคำตอบของนักเรียนเป็นดังนี้

“กระบวนการสลายพันธะและการเกิดพันธะ”

“พันธะของอะตอมในโมเลกุลของสารตั้งต้นที่จะต้องสลายพันธะเดิมซึ่งยึดเหนี่ยวไปยึดกับอะตอมของอีกตัวหนึ่งเพื่อให้เกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ขึ้นมา”

แต่ก็มีนักเรียนอีกร้อยละ 39 เลยกี่เดียวที่อยู่ในกลุ่มแนวคิดไม่ถูกต้องซึ่งคำตอบของนักเรียนมีลักษณะดังนี้

“กระบวนการเตรียมสารตั้งต้น”

“คิดว่าจะต้องมีกระบวนการมาเกี่ยวข้องคือ แรงดึงดูดระหว่างมวลการแลกเปลี่ยนพลังงาน”

ซึ่งจากคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้นักเรียนจะตอบโดยนำเอากระบวนการทางเคมีอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องมาตอบเลยหรือพยายามอธิบายด้วยแรงทางเคมีดังตัวอย่างข้างต้นซึ่งเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้มีความรู้ที่จำเป็นในการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสำหรับแนวคิดเรื่องกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงอยู่ในกลุ่มแนวคิดไม่ถูกต้อง (กลุ่มที่ 3) นี้

ผลที่ได้จากการวัดแนวคิดที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนในทุกแนวคิดค้นพบว่าแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องนั้นได้แก่แนวคิดเรื่องการดูด-คายความร้อน (ร้อยละ 39) และแนวคิดเรื่องกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 43) ส่วนแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีและแนวคิดเรื่องพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีนั้นนักเรียนส่วนใหญ่อยู่กลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนคือร้อยละ 75 และ 64 ตามลำดับซึ่งจากผลที่ได้นี้ฉันจึงได้นำมาพิจารณาโดยแนวคิดใดที่นักเรียนยังไม่เข้าใจหรือยังไม่เข้าใจไม่ถูกต้องทั้งหมดอยู่ฉันจึงวางแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อีกเพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้ในเรื่องเหล่านั้นเสียก่อนดังเช่นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 (แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี) และ 3 (พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ยังอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้จึงจะต้องมีการให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมหรือสอนเพิ่มในเรื่องที่จำเป็นต้องรู้ก่อนที่จะเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเสียก่อนนั่นเอง

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาด้วยวิธีอุปนัยฉันนำคำตอบของนักเรียนแต่ละคนมาพิจารณาแบ่งกลุ่มคำตอบคร่าวๆก่อนจะได้ 3 กลุ่มได้แก่กลุ่มถูกต้องถูกต้องบางส่วน และกลุ่มคลาดเคลื่อนจากนั้นฉันนำเกณฑ์ของ Chi and Roscoe (2002) มาปรับใช้กับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนของฉันจึงได้กลุ่มออกมาเป็น 4 กลุ่มได้แก่แบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งและแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์

จากการวิเคราะห์และจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยรวมทุกแนวคิดย่อยของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วพบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วน

ตารางที่ 3 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

หัวข้อการเรียนรู้	จำนวนนักเรียนในกลุ่มแบบจำลองทางความคิด (คน (ร้อยละ))			
	แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์	แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วน	แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง	แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์
1. ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3 (11)	17 (61)	2 (7)	6 (21)
2. การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี				
3. ทฤษฎีการชนกันของอนุภาค	10 (36)	6 (21)	9 (32)	3 (11)
4. ทฤษฎีสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์	11 (39)	7 (25)	6 (21)	4 (14)
5. พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี				
6. พลังงานก่อกัมมันต์	17 (61)	3 (11)	4 (14)	4 (14)
7. ปัจจัยความเข้มข้น	12 (43)	7 (25)	5 (18)	4 (14)
8. ปัจจัยพื้นที่ผิว	18 (64)	3 (11)	5 (18)	2 (7)
9. ปัจจัยอุณหภูมิ	18 (64)	5 (18)	3 (11)	2 (7)

จากตารางที่ 3 จะเห็นในแต่ละหัวข้อการเรียนรู้แต่ละหัวข้อนักเรียนนักเรียนเกือบทุกหัวข้ออยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์ อันได้แก่ ทฤษฎีการชนกันของอนุภาค (ร้อยละ 36) ทฤษฎีสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 39) พลังงานก่อกัมมันต์ (ร้อยละ 61) ปัจจัยความเข้มข้น (ร้อยละ 43) ปัจจัยพื้นที่ผิว (ร้อยละ 64) และปัจจัยพื้นอุณหภูมิ (ร้อยละ 64) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในระดับดี ส่วนหัวข้อความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มนี้ถึงร้อยละ 61 เลยทีเดียวแต่ยังถือว่านักเรียนยังพอที่จะเข้าใจอยู่เพียงแต่นักเรียนยังต้องได้รับคำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มเติมในส่วนที่นักเรียนยังเข้าใจได้ไม่ถูกต้องครบถ้วน หรือยังเข้าใจผิดอยู่เล็กน้อย

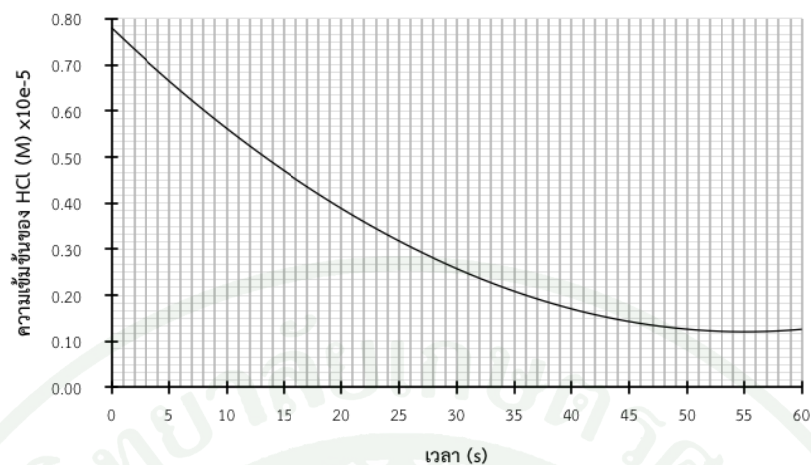
ฉันขอเสนอแบบจำลองความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อันได้แก่ ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ทฤษฎีการชนกันของอนุภาค และทฤษฎีสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์) พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความเข้มข้น พื้นที่ผิวสัมผัส และอุณหภูมิ) ตามลำดับดังนี้

1. ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ในหัวข้อเนื้อหาฉันได้ใช้คำถามดังนี้

“จากปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ นักเรียนจะหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไรให้เขียนเป็นคำอธิบายและแสดงวิธีการหาด้วย” และ

“เมื่อนาย A ทำการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ ได้ผลออกมาแล้วนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่ลดลงของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปได้ผลดังภาพ



ภาพที่ 3 กราฟในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1

- จากกราฟความสัมพันธ์ข้างต้นนักเรียนสามารถอธิบายการเกิดของปฏิกิริยาระหว่าง Zn(s) กับ HCl(aq) ได้อย่างไร

- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด

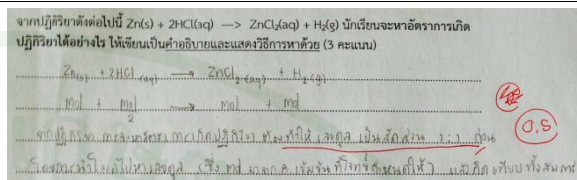
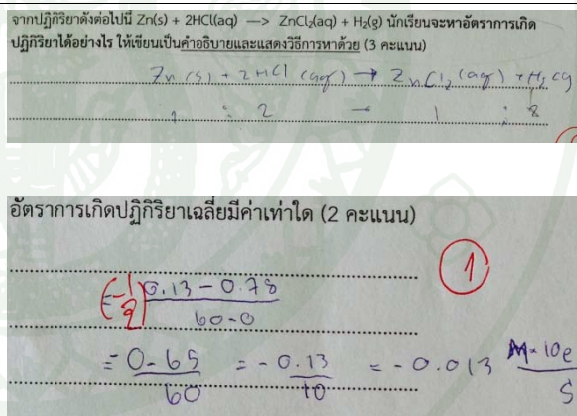
- อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 0-20 วินาทีมีค่าเท่าใด

- อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ วินาทีที่ 32 มีค่าเท่าใด"

ตารางที่ 4 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 1

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	3 (11)	จากปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ นักเรียนจะหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไร ให้เขียนเป็นคำอธิบายและแสดงวิธีการหาด้วย (3 คะแนน) หา R ของการเกิด H_2 โดยให้หาให้เกิดปฏิกิริยา แล้วจึงหาค่าเฉลี่ยของปฏิกิริยาเพื่อหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ + 3 นาที นั่นคือการวัดการเกิด H_2 ที่เกิดขึ้นจะได้จากการวัดปริมาณ H_2 ที่เกิดขึ้น $\frac{\Delta t}{\Delta t}$ อัตราการผลิตปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด (2 คะแนน) $R_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{1}{2} R_{\text{HCl}}$ $= \frac{1}{2} \frac{0.78 - 0.12}{0 - 60} = \frac{1}{2} \left(\frac{0.66}{60} \right) \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s}$
แบบจำลองทางความคิด ที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วน	17 (61)	จากปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ นักเรียนจะหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไร ให้เขียนเป็นคำอธิบายและแสดงวิธีการหาด้วย (3 คะแนน) หา R ของการเกิด H_2 จึงหาเวลาที่ใช้ในการลดลงของ H_2 0.000 จนถึงจุดที่ H_2 เป็น 0 (+) แล้วจึงหาค่าเฉลี่ยของ H_2 ที่เกิดขึ้นจะได้ปริมาณ H_2 ที่เกิดขึ้น $\frac{\Delta t}{\Delta t}$ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด (2 คะแนน) $\frac{1}{2} \frac{0.78 - 0.12}{0 - 60}$ 1) $\frac{1}{2} \frac{0.66}{60}$ 2) $\frac{1}{2} \frac{0.66}{60}$ 15)

ตารางที่ 4 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างน้อยอย่างหนึ่ง	2 (7)	
แบบจำลองทางความคิด ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์	6 (21)	

เมื่อทำการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิดพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61) ที่อยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนซึ่งนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มนี้ทั้งหมดสามารถแสดงวิธีการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของปฏิกิริยาที่ฉันได้กำหนดไว้ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง แต่สิ่งที่พวกเขายังขาดไปก็คือส่วนของการคำนวณ ซึ่งแม้นักเรียนจะคำนวณตามนิยามที่ได้เขียนอธิบายไว้ก็ตาม หากแต่พวกเขาไม่ได้คิดอัตราส่วนโมลของปฏิกิริยาด้วย ทำให้ค่าอัตราที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่เป็นเพียงอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารนั้นๆ เพียงตัวเดียวจึงยังไม่ถูกต้อง ดังภาพที่ 4

จากกราฟความสัมพันธ์ข้างต้น นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดของปฏิกิริยาระหว่าง Zn(s) กับ HCl(aq) ได้อย่างไร (1 คะแนน) ①

เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป ความเข้มข้นของสารตั้งต้น (HCl) ลดลงเรื่อยๆ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 0-20 วินาทีที่มีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

$$R_{av} = \frac{0.78 - 0.39}{20} \text{ mol/dm}^3\text{s}$$

$$= 0.0195 \text{ mol/dm}^3\text{s}$$

อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ วินาทีที่ 32 มีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

$$R_{av} = \frac{0.26 - 0.2}{35 - 30} \text{ mol/dm}^3\text{s}$$

$$= \frac{0.06}{5} \text{ mol/dm}^3\text{s}$$

$$= 0.012 \text{ mol/dm}^3\text{s}$$

ภาพที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.1

แต่บางส่วนของกลุ่มนี้ยังมีจุดผิดพลาดอีกหนึ่งจุดซึ่งก็คือการคิดเครื่องหมายเพื่อแสดงการเพิ่มขึ้นของสารผลิตภัณฑ์หรือการลดลงของสารตั้งต้น ทำให้ค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่คิดจากการลดลงของสารตั้งต้นมีค่าเป็นลบและมีค่าไม่เท่ากับอัตราการเกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างในภาพที่ จะเห็นว่านักเรียนไม่ได้ใส่เครื่องหมายลบเพื่อแสดงว่าการลดลงของกรดไฮโดรคลอริกด้วย ซึ่งถือว่ายังคลาดเคลื่อนในจุดนี้อยู่

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

$$R_{av} = \frac{0.79 - 0.15}{60}$$

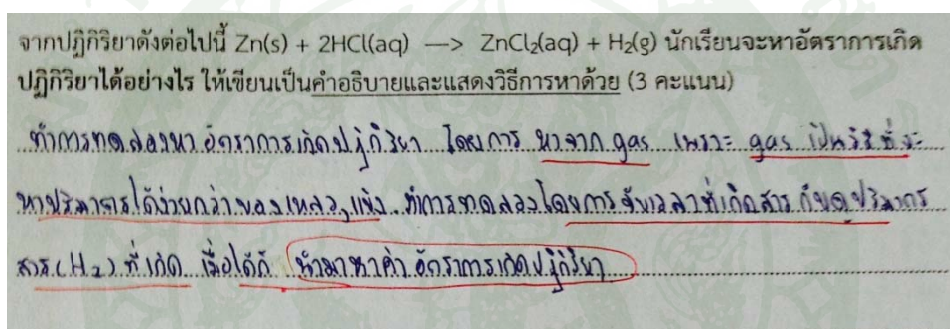
$$= 0.011 \text{ mol/dm}^3\text{s}$$

①

ภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.2

เมื่อมาพิจารณากลุ่มที่ 3 คือกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกตั้งหรือสมมุติอย่างใดอย่างหนึ่งพบว่านักเรียนในกลุ่มนี้แสดงวิธีการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ไม่ชัดเจน (ร้อยละ 7) โดยนักเรียนบางคนได้กล่าวถึงอัตราส่วนโมลแต่ไม่ได้นำไปใช้ในการคำนวณแต่อย่างใด และนักเรียนบางคนก็ได้กล่าวถึงสถานะที่เปลี่ยนแปลงไปและกล่าวถึงเวลาแต่ไม่ได้นำมาเชื่อมโยงกันเป็นนิยามของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มที่ 3 เช่น

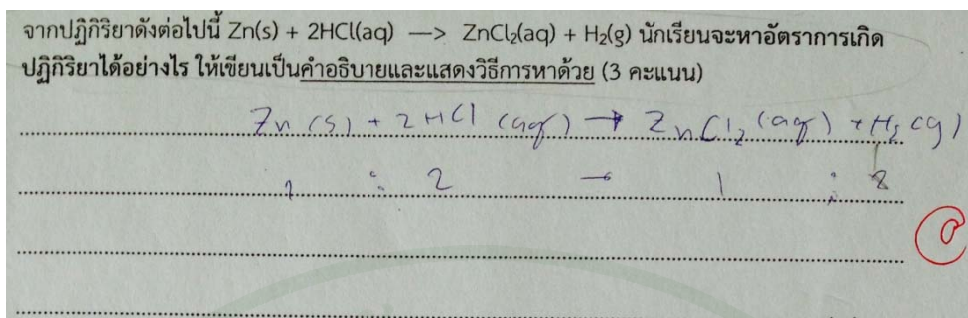
“ทำการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยการหาจากแก๊ส เพราะแก๊สเป็นวิธีที่จะหาปริมาตรได้ง่ายกว่าของเหลวและของแข็ง ทำการทดลองโดยการจับเวลาที่เกิดสารกับดูปริมาตรสาร H_2 ที่เกิด เมื่อได้ก็นำมาหาค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา”



ภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.3

จากคำตอบจะเห็นว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากการที่เขาได้ทำการทดลองแต่ นักเรียนไม่ได้เข้าใจว่าสิ่งที่นักเรียนทำในการทดลองนั้นทำไปเพื่ออะไร และค่าที่ได้มีความสำคัญอย่างไรจึงทำให้นักเรียนไม่อาจเชื่อมโยงผลที่ได้เพื่อนำไปหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

ส่วนนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มที่ 4 ในหัวข้อนี้มีจำนวนค่อนข้างมากถึงร้อยละ 21 โดยนักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถแสดงวิธีการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ บางคนเขียนเฉพาะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเท่านั้นซึ่งโจทย์ได้กำหนดไว้ให้แล้ว และนอกจากจะไม่สามารถแสดงวิธีการหาได้แล้วนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สามารถที่จะคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาแบบต่างๆได้อีกด้วย ดังเช่นตัวอย่างในภาพที่ 7 และภาพที่ 8



ภาพที่ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.4

จากกราฟความสัมพันธ์ข้างต้น นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดของปฏิกิริยาระหว่าง Zn(s) กับ HCl(aq) ได้อย่างไร (1 คะแนน) อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 0-20 วินาทีที่มีค่าเท่าใด (2 คะแนน) 	เวลา (s) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด (2 คะแนน) อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ วินาทีที่ 32 มีค่าเท่าใด (2 คะแนน)
--	--

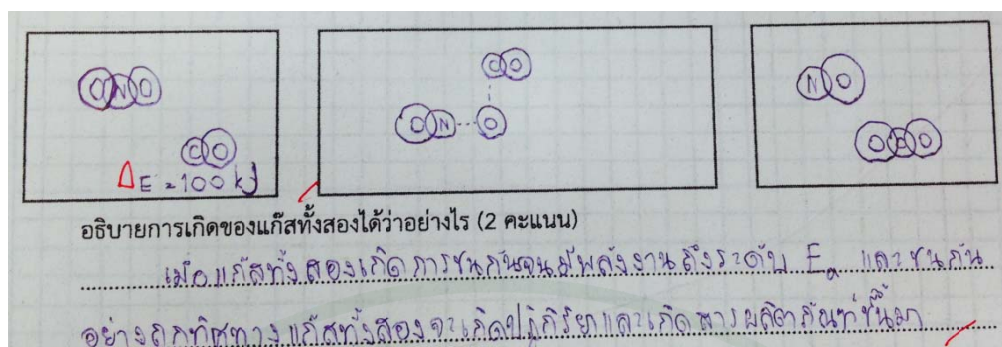
Handwritten calculations in the image:

For 0-20 min: $\frac{0.38 - 0.28}{20} = \frac{0.1}{20} = 0.005$

For 32 min: $\frac{0.13 - 0.1}{60 - 0} = \frac{0.03}{60} = 0.0005$

ภาพที่ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 1.5

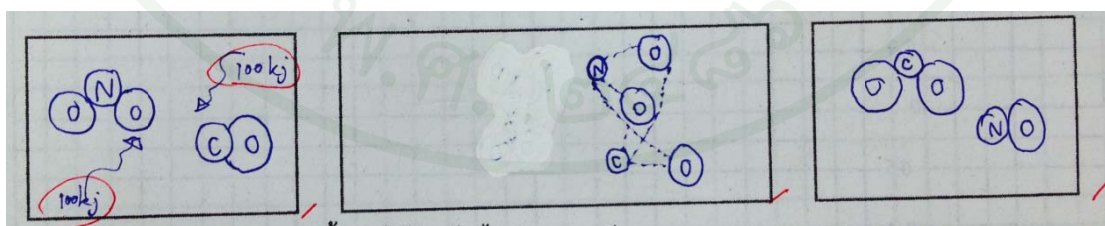
จากภาพที่ 7 และ 8 จะเห็นว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มที่ 4 นั้นนักเรียนไม่อาจแสดงความสัมพันธ์ของสารและเวลาได้เลย นักเรียนเขียนเพียงปฏิกิริยาที่โจทย์กำหนดเพียงเท่านั้น แม้จะมีการเขียนสัดส่วนโมลมาด้วยก็ตามแต่นักเรียนก็ไม่ได้แสดงการนำสัดส่วนไปใช้ประโยชน์แต่อย่างใด เมื่อมาพิจารณาส่วนของการคำนวณก็พบว่านักเรียนไม่ได้แสดงวิธีการคำนวณว่าแต่ละตัวแปรคือค่าใด ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถบอกนิยามของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้นั่นเอง



ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.1

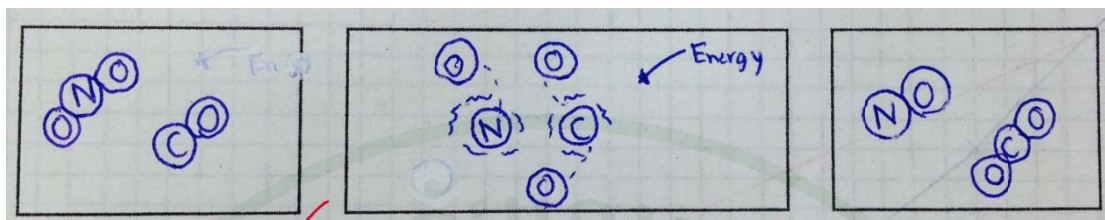
จากภาพที่ 10 ซึ่งแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้น อาจดูเหมือนนักเรียนท่องจำเอามาจากในหนังสือแต่เมื่อพิจารณาจากแบบจำลองที่นักเรียนวาดแล้วจะพบว่านักเรียนคนนี้สามารถวาดรูปแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง มีการวาดทิศทางของการชนที่เหมาะสมประกอบ และภาพกับคำอธิบายสอดคล้องกัน ฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่านักเรียนในกลุ่มนี้มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์

อีกกลุ่มหนึ่งที่มีสัดส่วนนักเรียนที่ตอบพอกันกับกลุ่มที่ 1 ก็คือกลุ่มที่ 3 กลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งมีนักเรียนอยู่ในกลุ่มนี้ถึงร้อยละ 32 สิ่งที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกลุ่มนี้มากที่สุดก็คือการสร้างแบบจำลอง (วาดรูป) เพื่อแสดงการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถแสดงทิศทางที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาได้ (ภาพที่ 11)



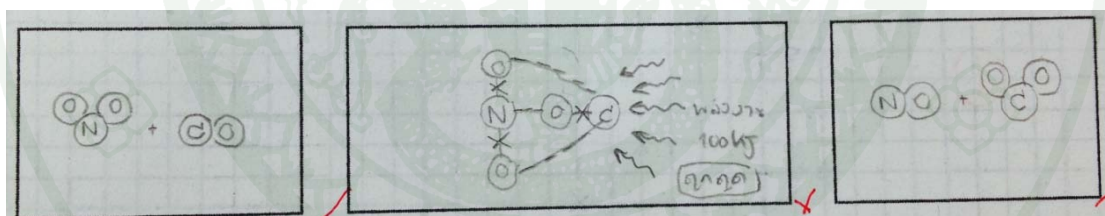
ภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.2

หรือบางคนก็ได้มีการวาดภาพอะตอมแต่ละตัวแยกออกจากกันก่อนแล้วจึงเข้าไปรวมกันเป็นโมเลกุลใหม่ซึ่งคลาดเคลื่อน เป็นต้น (ภาพที่ 12)



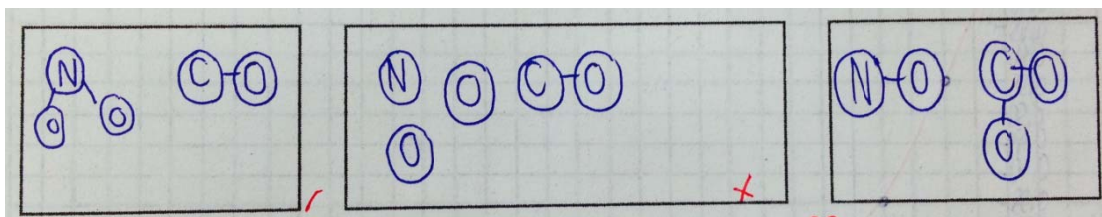
ภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.3

อีกหนึ่งสิ่ง que นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบก็คือ นักเรียนเข้าใจผิดเกี่ยวกับผลต่างพลังงานกับพลังงานที่ดูดเข้าไปใช้ในการเกิดปฏิกิริยา โดยนักเรียนคิดว่าผลต่างพลังงานก็คือพลังงานที่โมเลกุลดูดเข้าไปเพื่อใช้ในการสลายพันธะซึ่งคลาดเคลื่อนนั่นเอง แต่การเข้าใจคลาดเคลื่อนจุดนี้ยังถือว่าถูกในแง่ของทฤษฎีการชนหากนักเรียนเขียนอธิบายว่าต้องดูดพลังงานเข้าไปมากกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.4

ส่วนกลุ่มสุดท้าย กลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์นักเรียนในกลุ่มนี้มีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนและสร้างแบบจำลองที่คลาดเคลื่อนไป ดังตัวอย่างเช่น

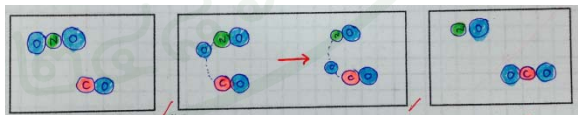


ภาพที่ 14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 2.5

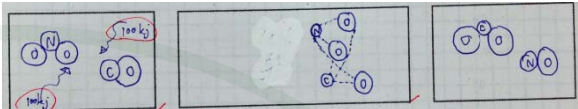
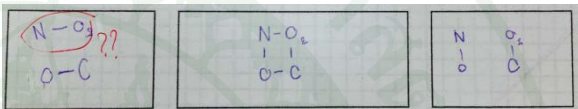
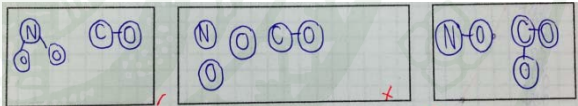
“ปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนโดยมีพลังงาน 100 kJ (ในที่นี้ฉันกำหนดให้เป็นผลต่างพลังงาน) จึงเกิดสลายตัวของพันธะของ NO_2 แต่ CO จะไม่สลายตัว นั่นอาจจะเป็นเพราะพลังงานอาจไม่มากพอ เพราะ C จับแน่นกับ O และ C ยังไม่เสถียร จึงเกิดการจับกับ O ของ NO_2 ที่สลายออกมาเป็น CO_2 ส่วน O อีก 1 ตัว ไม่สามารถจับกับใครได้จึงกลับไปจับกับ N เหมือนเดิมเป็น NO”

จากตัวอย่างคำตอบของภาพที่ 14 จะเห็นว่านักเรียนคนนี้ได้กล่าวถึงการชนกันของโมเลกุลเลยและกล่าวถึงเพียงการสลายของโมเลกุลและการจับกับโมเลกุลเพียงเท่านั้น จากจุดนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่อาจหาเหตุผลมาอธิบายว่าพลังงานมาจากไหน แล้วเกิดการสลายพันธะของโมเลกุลอย่างไร แล้วโมเลกุลเกิดการเชื่อมพันธะกันได้อย่างไร

ตารางที่ 5 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 2

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	3 (11)	 เมื่อโมเลกุลของแก๊สทั้งสองชนกันจะก่อให้เกิดปฏิกิริยา เมื่อพลังงานสูงพอ โดยเมื่อชนกันแล้ว O ตัวหนึ่งจะรวมกับ CO แล้วกลายเป็น CO_2 ส่วน NO_2 จะกลายเป็น NO ซึ่งคือผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

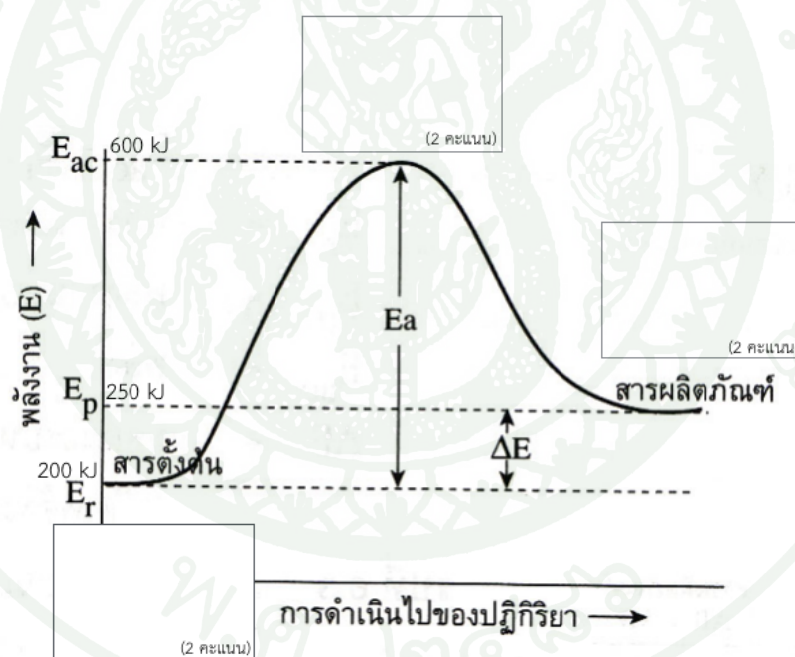
กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่สมบูรณ์แต่ถูกต้อง บางส่วน	17 (61)	 เกิดจากการที่ Gas ทั้งสองชนกันและใช้พลังงานในการสลายพันธะ จากนั้นเกิดการจับกันเป็นพันธะใหม่ ทำให้ได้สารที่เป็นผลิตภัณฑ์
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	2 (7)	 NO_2 และ CO เมื่อทั้งสองโมเลกุลมาชนในทิศที่เหมาะสมซึ่งต้องให้ N ชนกับ O และ O_2 ชนกับ C โดยต้องมีพลังงานค่าหนึ่งที่ทำให้พันธะ NO_2 และ CO สลาย และขณะที่พันธะสลายนั้น N กับ O และ O_2 กับ C ก็สร้างพันธะออกมาทำให้เกิด NO และ CO_2
แบบจำลองทางความคิด ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์	6 (21)	 ปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนโดยมีพลังงาน 100 kJ จึงเกิดสลายพันธะของ NO_2 แต่ CO จะไม่สลายตัว นั่นอาจจะเป็นเพราะพลังงานอาจไม่มากพอเพราะ C จับแน่นกับ O และ C ยังไม่เสถียร จึงเกิดการจับ O ของ NO_2 ที่สลายออกมา เป็น CO_2 ส่วน O อีก 1 ตัว ไม่สามารถจับอะไรได้ จึงกลับไปจับกับ N เหมือนเดิมเป็น NO

3. การเกิดปฏิกิริยาเคมี : ทฤษฎีสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์ และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

ในหัวข้อนี้ฉันใช้คำถามดังต่อไปนี้

“ปฏิกิริยา $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$ เกิดขึ้นในภาชนะหนึ่ง ขณะที่นักเรียนกำลังถือภาชนะนั้นอยู่นักเรียนรู้สึกว้าวุ่นขึ้น เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยานี้ พบว่าได้ผลดังภาพ ให้นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงโดยการวาดภาพโมเลกุลในช่องว่าง และใช้กราฟอธิบายว่าทำไมจึงรู้สึกเย็น”

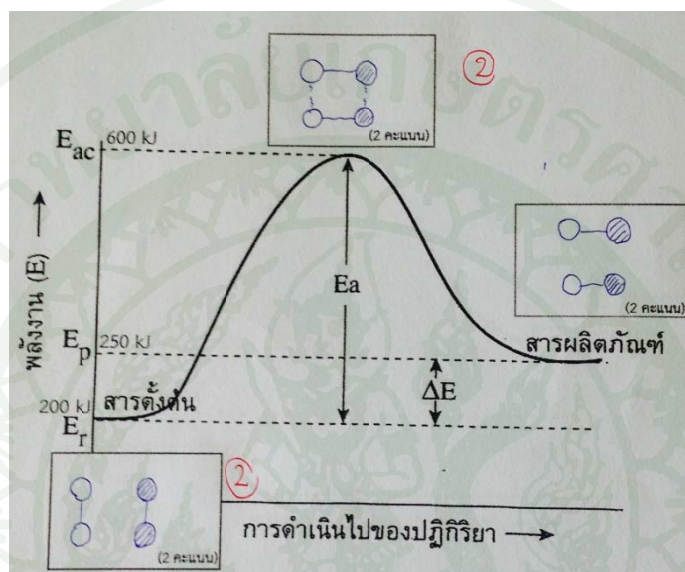
จากกราฟนักเรียนสามารถอธิบายได้อย่างไร กับการที่เมื่อจับข้างภาชนะแล้วรู้สึกเย็น”



ภาพที่ 15 กราฟจากคำถามข้อที่ 3

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 39) อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแสดงลักษณะของโมเลกุล ณ ช่วงเวลาและช่วงระดับพลังงานได้ถูกต้อง รวมทั้งได้มีการอธิบายเหตุผลถูกต้องด้วย ดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“เมื่อจับข้างภาชนะแล้วรู้สึกเย็นเพราะว่า เป็นปฏิกิริยาแบบดูดความร้อน เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นแล้วสารผลิตภัณฑ์มีพลังงานมากกว่าสารตั้งต้น เนื่องจากสารตั้งต้นได้ดูดพลังงานเข้าไป ทำให้พลังงานของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น E_p (พลังงานผลิตภัณฑ์) - E_r (พลังงานผลิตภัณฑ์) = $250 - 200 = 50$ kJ ผลต่างพลังงานมีค่าเป็นบวกปฏิกิริยาเป็นแบบดูดพลังงาน ภาชนะจึงเย็น”

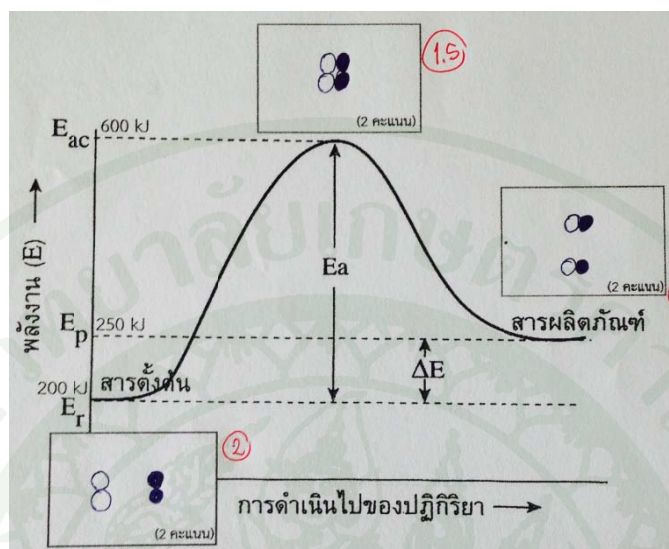


ภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.1

จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นว่านักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากกราฟมาอธิบายได้ว่าเหตุใดปฏิกิริยานี้จึงเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่าการที่ผลต่างพลังงานเป็นบวกก็เพราะว่าสารตั้งต้นมีการใช้พลังงานใช้การสลายพันธะมากกว่าพลังงานที่คายออกมาเมื่อสร้างพันธะ และด้วยข้อมูลจากกราฟที่มีตัวเลขชัดเจน นักเรียนจึงสามารถนำข้อมูลตัวเลขมายืนยันได้ว่าสิ่งที่นักเรียนเข้าใจนั้นถูกต้อง

ส่วนในกลุ่มอื่นๆ นั้นสิ่งที่นักเรียนขาดไปก็คือนักเรียนไม่ได้กล่าวถึงการดูดหรือคายพลังงานว่าปฏิกิริยานี้มีการดูดหรือคายมากกว่ากัน หรือแม้แต่นำข้อมูลจากกราฟมาประกอบ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่านักเรียนอาจจำกราฟมาว่ากราฟลักษณะเช่นนี้เป็นกราฟของปฏิกิริยาดูดความร้อน แต่ไม่ได้เข้าใจว่าเหตุใดกราฟลักษณะเช่นนี้จึงเป็นกราฟของปฏิกิริยาดูดความร้อน เช่น ตัวอย่างคำตอบในกลุ่มที่ 2 (มีจำนวนนักเรียนร้อยละ 25) ซึ่งตอบว่า

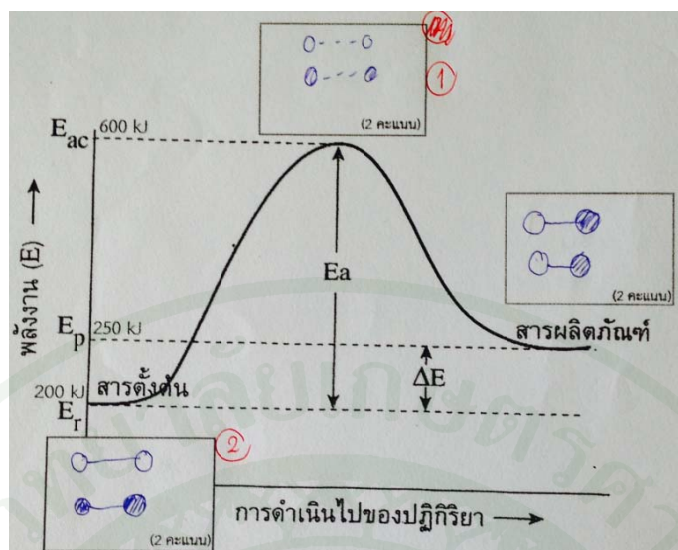
“จากกราฟเป็นกราฟดูดความร้อน สังเกตได้จากระดับพลังงานของสารผลิตภัณฑ์สูงกว่าสารตั้งต้น เมื่อระบบดูดพลังงาน สิ่งแวดล้อมอุณหภูมิจะลดลง จับละเย็น”



ภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.2

จากภาพและคำตอบของนักเรียนในข้างต้น นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับการดูด-คายพลังงานได้ถูกต้อง แต่ว่าภาพที่ 16 ซึ่งนักเรียนวาดนั้นนักเรียนยังไม่ได้แสดงรายละเอียดของโครงสร้างโมเลกุลที่ระบุการเกิดปฏิกิริยาขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนจึงยังคงอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วน ส่วนในกลุ่มที่ 3 หรือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งนั้น (มีร้อยละ 21) มีลักษณะคำตอบดังตัวอย่าง

“การที่จับข้างภาชนะแล้วรู้สึกเย็นหมายความว่าระบบมีการดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อม เป็นการสลายพันธะที่ต้องดูดพลังงาน ทำให้พอเราจับแล้วความร้อนโดยรอบภาชนะเย็นลง”

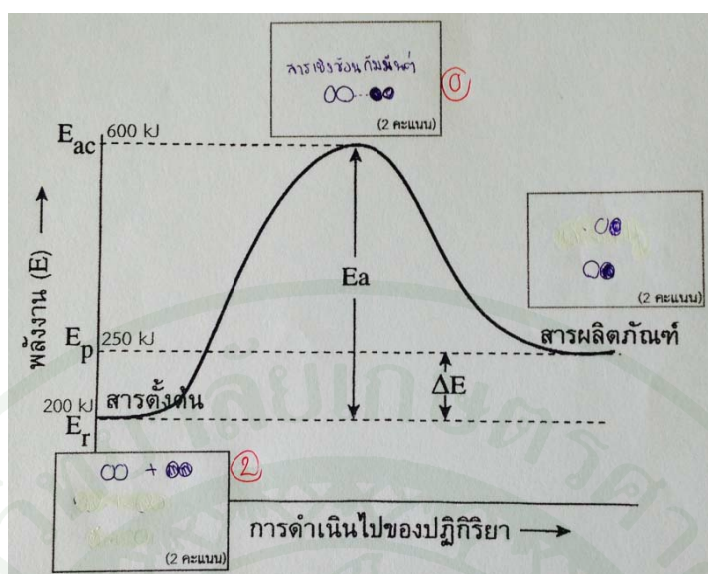


ภาพที่ 18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.3

จากคำตอบจะเห็นว่านักเรียนพยายามเชื่อมโยงเรื่องการสลายพันธะเข้ากับการดูดหรือคายพลังงานซึ่งถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดปฏิกิริยานี้จึงเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน เพราะการเกิดปฏิกิริยาทุกปฏิกิริยาย่อมมีการดูดพลังงานเข้าไปสลายพันธะอยู่แล้ว จึงแสดงให้เห็นว่านักเรียนคนนี้เข้าใจในเรื่องของการเกิดปฏิกิริยาที่จะต้องมีการดูดพลังงานเข้าไปสลายพันธะแต่ยังไม่เข้าใจว่าทำไมปฏิกิริยาจึงเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

และในกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนในกลุ่มนี้นั้นไม่สามารถที่จะวาดรูปแสดงการเกิดของปฏิกิริยาตามทฤษฎีสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์ได้และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ภาชนะเย็นลงได้ครบถ้วน ดังตัวอย่าง

“จากกราฟเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน ดังนั้น ΔH เป็น (+) และเมื่อจับจะรู้สึกเย็นเพราะดูดพลังงาน ดูดจะเย็น คายจะร้อนคือดูดปฏิกิริยาเข้าไป สารจะดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมทำให้เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน $\rightarrow$ เย็น”

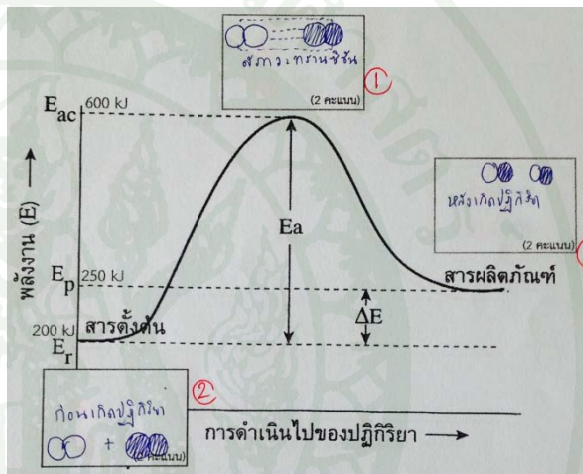
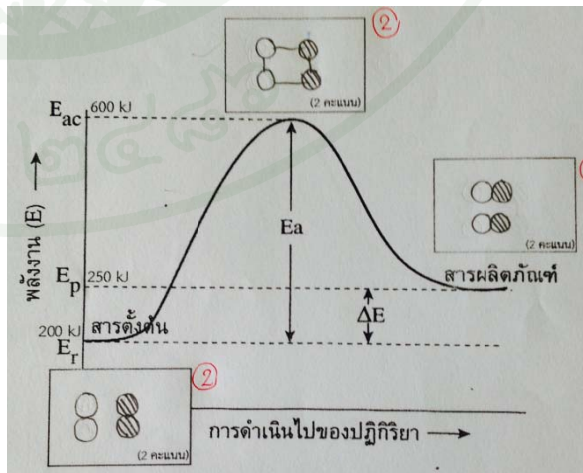


ภาพที่ 19 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 3.4

ตารางที่ 6 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 3

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	11 (39)	ในการทำปฏิกิริยาของสาร A และ B มีการดูดพลังงานเข้าไปเพื่อสลายพันธะ 400 kJ แต่มีการคายพลังงานเพื่อสร้างพันธะของสารประกอบ AB เพียง 350 kJ เมื่อดูผลรวมของปฏิกิริยาแล้วจะพบว่า มีการดูดพลังงานเข้าไปมากกว่าคาย

ตารางที่ 6 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	11 (39)	พลังงาน 50 kJ จึงทำให้เมื่อเราจับข้างภาชนะ แล้วรู้สึกเย็น (เป็นการจับแล้วรู้สึกถึงอุณหภูมิของ สิ่งแวดล้อม) เพราะระบบดูดพลังงานของ สิ่งแวดล้อมเข้าไป
แบบจำลองทางความคิด ที่สมบูรณ์แต่ถูกต้อง บางส่วน	7 (25)	 จากภาพพลังงานเริ่มต้นมีมากกว่าพลังงานหลัง เกิดปฏิกิริยา ซึ่งแปลว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยา ดูดความร้อน ซึ่งเมื่อเราเอามือไปจับจะรู้สึกเย็น เพราะสารดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมไปนั่นเอง
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	6 (21)	 ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ซึ่งในตอน

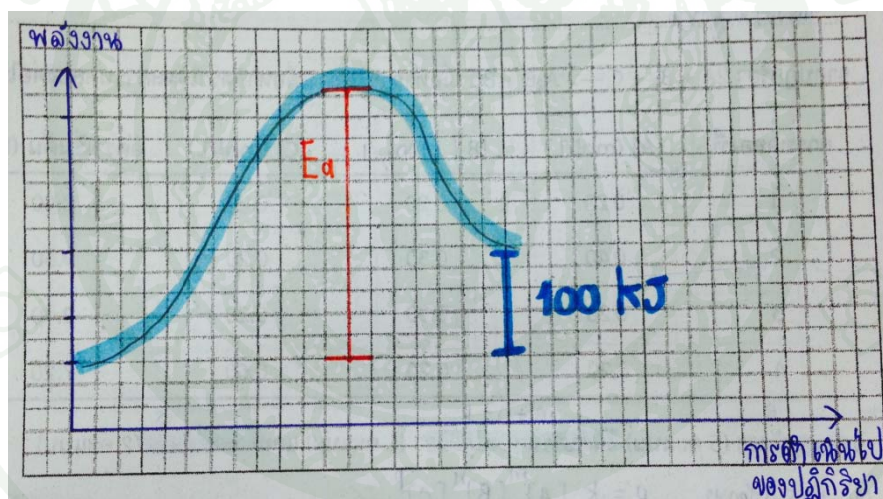
ตารางที่ 6 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	6 (21)	เริ่มต้นของปฏิกิริยา มีการดูดความร้อนเข้าไป จน เมื่อถึงจุดสูงสุดจุดหนึ่ง เมื่อมีพลังงานความร้อน มากพอจะมีการคายความร้อนเข้าสู่ระบบทำให้ เมื่อจับภาชนะมีอุณหภูมิลดลง จึงจับภาชนะแล้วมี ความรู้สึกเย็น
แบบจำลองทางความคิด ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์	4 (14)	การที่ภาชนะเย็นขึ้นนั้นเนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูด ความร้อน โดยหลังจากให้การดำเนินไปของ ปฏิกิริยาในช่วงแรกจะมีค่าสูงจากนั้นจะเริ่มลดลง และอาจคงที่ ทำให้ภาชนะรู้สึกเย็นเนื่องจากมี พลังงานที่ต่ำลง โดยมีส่วนกับตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย เนื่องจากใส่ตัวเร่งทำให้เกิดปฏิกิริยาไว

4. พลังงานก่อกัมมันต์

หัวข้อนี้ฉันให้นักเรียนตอบคำถาม โดยใช้คำถามจากเรื่องของทฤษฎีการชนมาถามต่อ ซึ่งถามว่าหากจะวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยา กราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นอย่างไร พร้อมทั้งให้นักเรียนระบุตำแหน่งของพลังงานก่อกัมมันต์บนกราฟความสัมพันธ์นั้นด้วย และให้นักเรียนบอกความหมายหรือนิยามของพลังงานก่อกัมมันต์ด้วย

ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61) มีแบบจำลองทางความคิดในหัวข้อนี้ที่ถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถที่จะวาดกราฟความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้อง สามารถระบุได้ว่าพลังงานก่อกัมมันต์คือตรงไหนของกราฟ และให้นิยามถูกต้อง ดังเช่นตัวอย่างคำตอบของกลุ่มที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 20 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.1

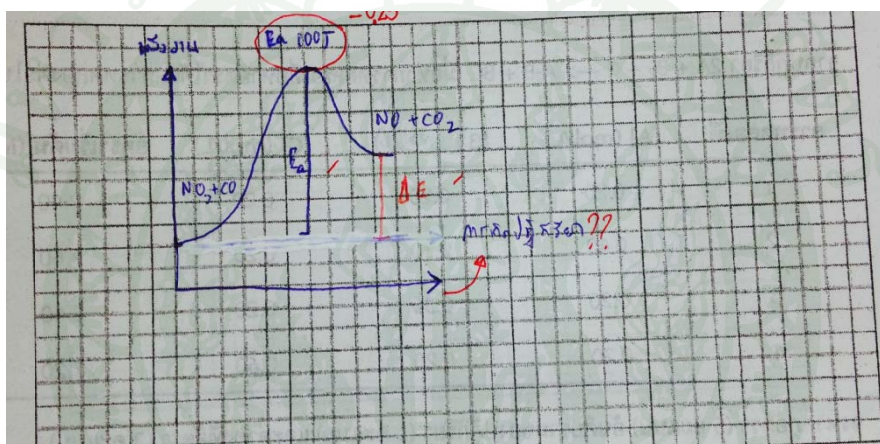
“ค่าพลังงานก่อกัมมันต์คือค่าพลังงานที่น้อยที่สุดที่สารตั้งต้นใช้ในการสลายพันธะและเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์” หรือ “พลังงานก่อกัมมันต์คือพลังงานที่น้อยที่สุดที่ทำให้ปฏิกิริยานั้นเกิดได้”

จากคำตอบของนักเรียนเมื่อนำไปเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ที่นักเรียนวาดแล้วพบว่า นักเรียนสามารถที่จะแสดงตำแหน่งของพลังงานก่อกัมมันต์ได้อย่างถูกต้อง และคำอธิบายก็สอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนวาดกราฟนั้น นอกจากนี้นักเรียนในกลุ่มที่ 1 บางคนยังสามารถที่จะ

เขียนบอกถึงตำแหน่งของผลต่างพลังงานได้อีกด้วย แสดงว่านักเรียนคนนั้นมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับเรื่องนี้ถูกต้อง

แต่ในกลุ่มอื่นๆ เช่น กลุ่มที่ 2 (ร้อยละ 11) นักเรียนสามารถแสดงแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง (วาดกราฟถูก) แต่นักเรียนยังอธิบายความหมายของพลังงานก่อกัมมันต์ได้ไม่ชัดเจน ดังตัวอย่าง

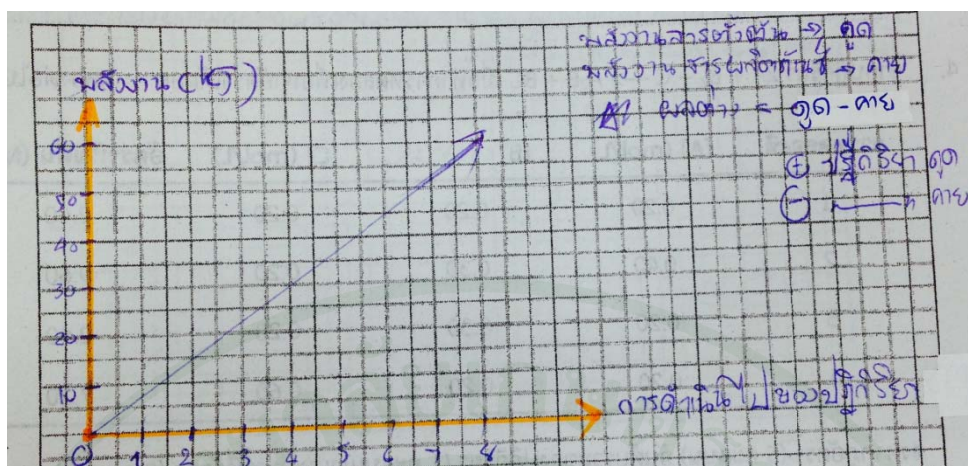
“พลังงานก่อกัมมันต์ คือ พลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะและสร้างขึ้นมาใหม่ในเวลาเดียวกัน”



ภาพที่ 21 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.2

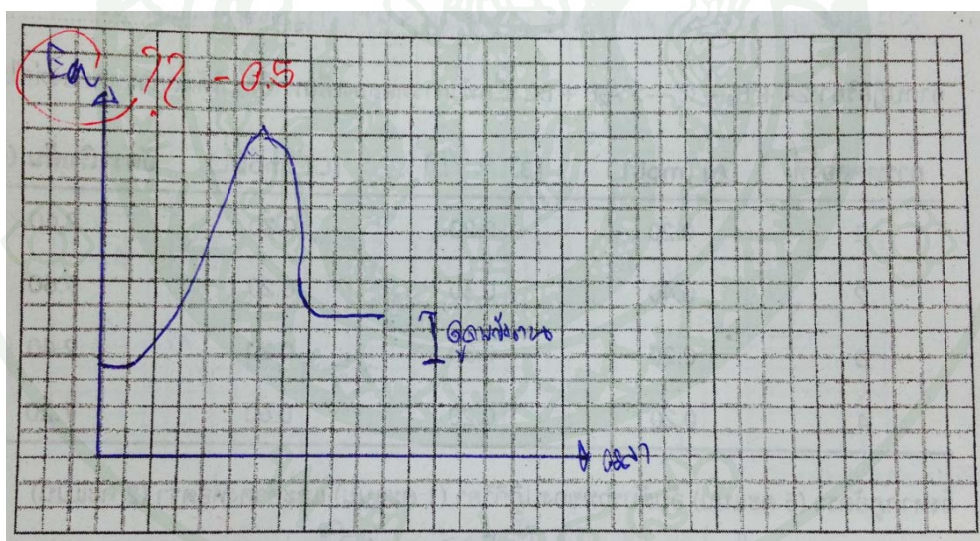
ในกลุ่มที่ 3 คือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง และกลุ่มที่ 4 คือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์นั้น นักเรียนหลายคนไม่เข้าใจตั้งแต่การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา ฉะนั้นจึงไม่อาจจะระบุตำแหน่งของพลังงานก่อกัมมันต์ได้ เพราะกราฟความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนนั้นเป็นกราฟเส้นตรง บ้างก็เป็นกราฟแสดงของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้เข้าใจโดยแท้จริง ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“พลังงานก่อกัมมันต์ หรือ E_a คือพลังงานที่ต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดสารใหม่”



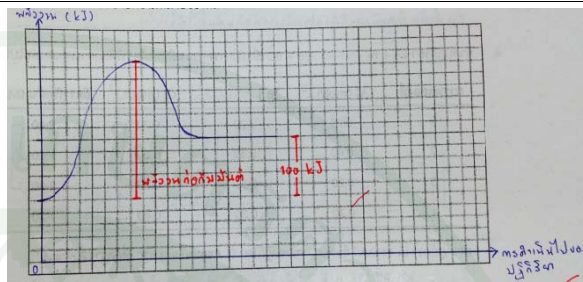
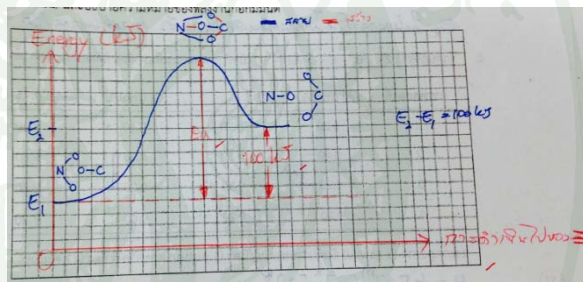
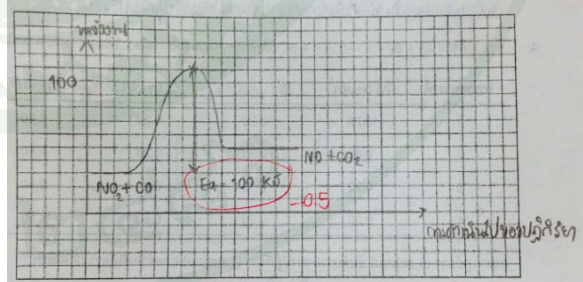
ภาพที่ 22 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.3

“พลังงานก่อกัมมันต์ คือ E_a ซึ่งคือพลังงานที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาเคมี”

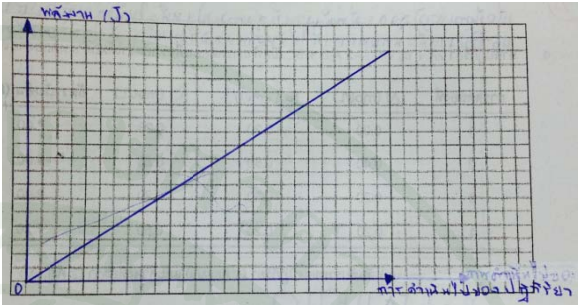


ภาพที่ 23 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 4.4

ตารางที่ 7 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำตอบข้อที่ 4

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	17 (61)	 ค่าพลังงานอย่างต่ำที่สุดที่สารตั้งต้นจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์ (ถ้าต่ำกว่านี้จะไม่เกิดปฏิกิริยา แต่ถ้าค่าเท่ากับหรือสูงกว่าปฏิกิริยาจะเกิดได้)
แบบจำลองทางความคิด ที่สมบูรณ์แต่ถูกต้อง บางส่วน	3 (11)	 ปริมาณพลังงานที่น้อยที่สุดที่เข้าไปกระตุ้นปฏิกิริยาให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ได้สำเร็จ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	4 (14)	 ค่าพลังงานก่อกัมมันต์คือพลังงานที่สารปล่อยออกมาเพื่อทำลายหรือสร้างพันธะเป็นพลังงานขั้นต่ำที่ทำให้เกิดสารใหม่ได้

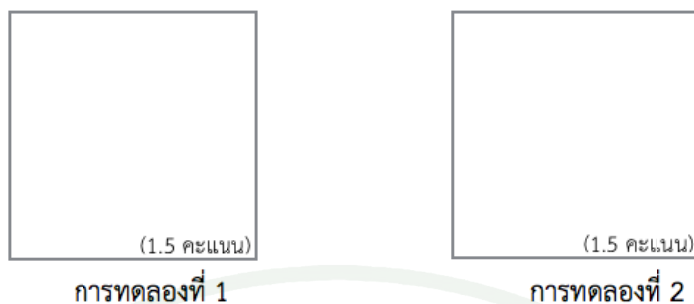
ตารางที่ 7 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์	4 (14)	 พลังงานก่อกัมมันต์คือ พลังงานที่ส่งผลในการทำปฏิกิริยาและช่วยในการเข้าชนกันและจับพันธะของโมเลกุล เช่น $A + B + \text{พลังงานก่อกัมมันต์} \rightarrow AB$

5. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ความเข้มข้น

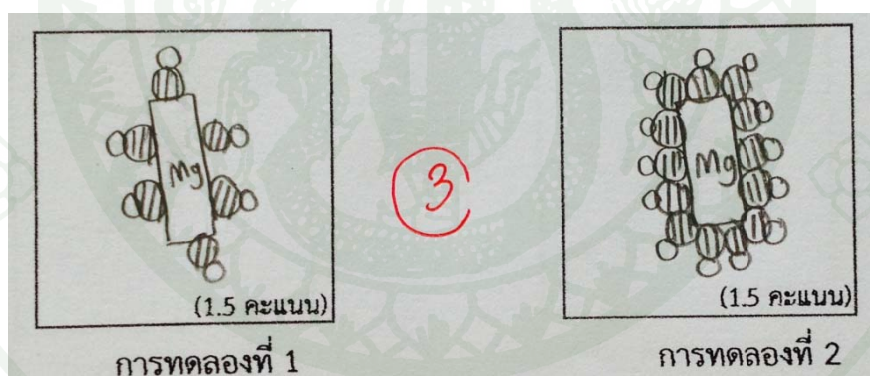
ในหัวข้อนี้เป็นหนึ่งในหัวข้อย่อยเรื่องของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเน้นให้การทดลอง 2 รูปแบบที่แตกต่างกัน คือให้สารตั้งต้นที่มีความเข้มข้นต่างกันแล้วให้นักเรียนอธิบายว่าการทดลองใดที่จะให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามากกว่า เพราะเหตุใด

“นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่าง Mg กับกรด HCl ที่มีความเข้มข้นไม่เท่ากัน โดยที่การทดลองแรกนักเรียนใช้ 0.5 M HCl และการทดลองที่ 2 ใช้ 1 M HCl นักเรียนคิดว่าในระดับโมเลกุลการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นในการทดลองทั้งสองต่างกันอย่างไร ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงสิ่งที่เกิดขึ้นในช่องว่าง และอธิบายด้วยว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของทั้งสองการทดลองจะต่างกันอย่างไร”



ภาพที่ 24 รูปแบบการตอบคำถามจากคำถามข้อที่ 5

นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 43 อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยนักเรียนกลุ่มนี้สามารถแสดงแบบจำลอง (วาดภาพ) ในระดับโมเลกุลให้เหตุถึงความแตกต่างได้ว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยยังมีความเข้มข้นของสารตั้งต้นมาก จำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นก็จะมาก โอกาสที่จะชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นนั่นเอง โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มที่ 1 นี้ก็เช่น

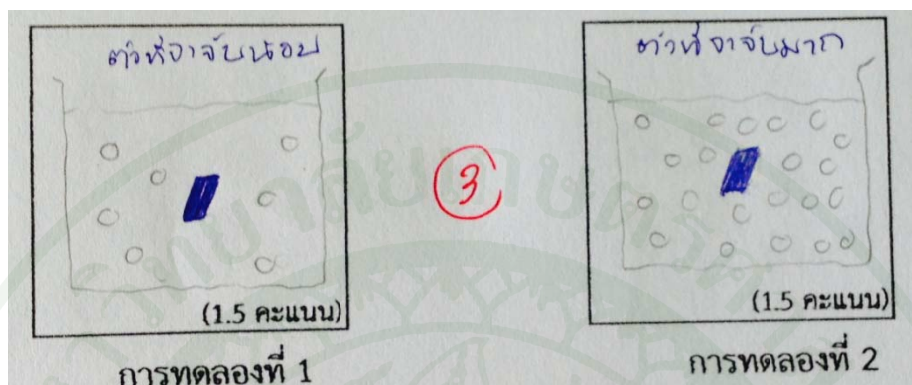


ภาพที่ 25 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.1

“อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของการทดลองที่มีความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 1 M จะมีค่ามากกว่าการทดลองที่มีความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก 0.5 M เนื่องจากสารตั้งต้นมีความเข้มข้นมากกว่า หมายถึงมีเนื้อสาร มีกรดไฮโดรคลอริกมากกว่า ปฏิกิริยาจึงเกิดขึ้นได้เร็วกว่า”

แต่ทั้งนี้นักเรียนในกลุ่มที่ 2 ก็มีการตอบในลักษณะเช่นนี้หากแต่ยังขาดการอธิบายในแง่ของจำนวนโมเลกุลที่เพิ่มมากขึ้น เช่น

“อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารที่ใช้ 1 M HCl จะเกิดเร็วกว่าสารที่ใช้ 0.5 M HCl เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ ณ เวลาที่เท่ากัน 1 M HCl จะทำปฏิกิริยาจนได้ผลิตภัณฑ์มากกว่า 0.5 M HCl เมื่อเทียบกัน”

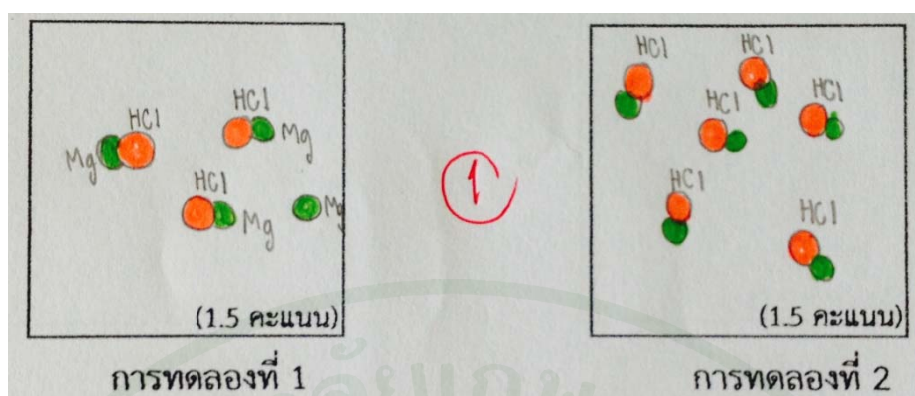


ภาพที่ 26 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.2

นักเรียนบางคนในกลุ่มนี้ก็ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการใช้คำว่าแปรผันตรง โดยนักเรียนจะเข้าใจว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 1 เท่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่ม 1 เท่าเช่นกัน แต่ที่แท้จริงแล้วเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 1 เท่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่จำเป็นต้องเพิ่มขึ้น 1 เท่าด้วย ขึ้นกับอันดับของปฏิกิริยา ฉะนั้นการที่นักเรียนใช้คำว่าแปรผันตรง จึงยังไม่ถูกต้อง ฉะนั้นจึงได้จัดกลุ่มให้นักเรียนที่ตอบเช่นนี้อยู่ในกลุ่มที่ 2

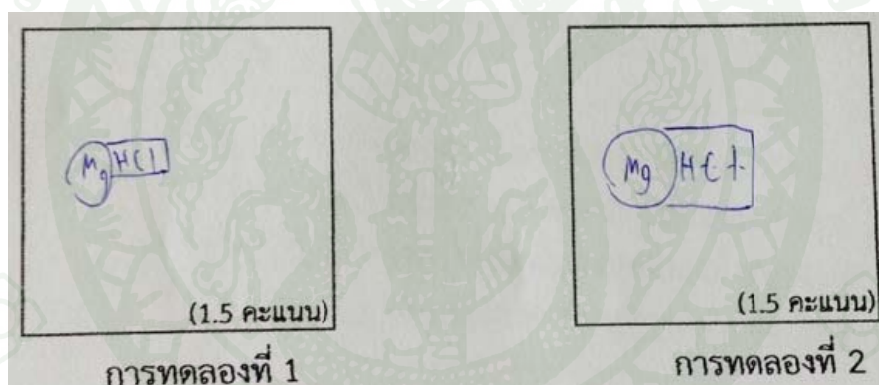
ในกลุ่มที่ 3 นั้นนักเรียนทุกคนในกลุ่มล้วนสามารถเขียนอธิบายได้ แต่สร้างแบบจำลองได้คลาดเคลื่อนจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังเช่นตัวอย่างที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกกลับแสดงแบบจำลองว่าความเข้มข้นของอะตอมโลหะก็เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งคลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างคำตอบ

“อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะต่างกัน เนื่องจาก Mg กับ HCl มีความเข้มข้นไม่เท่ากัน อย่างหนึ่งมีความเข้มข้น 0.5 M ส่วนอีกอย่างใช้ 1 M และความเข้มข้นมากจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าสารที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า เนื่องจากความเข้มข้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเข้าไป เหมือนเพิ่มอนุภาคในการชนกันของสารทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วกว่า”



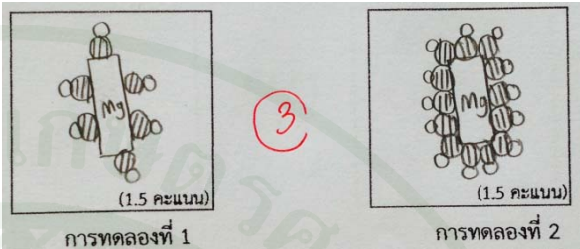
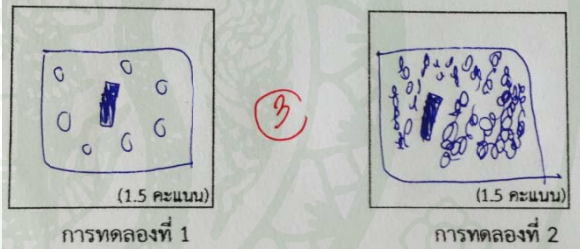
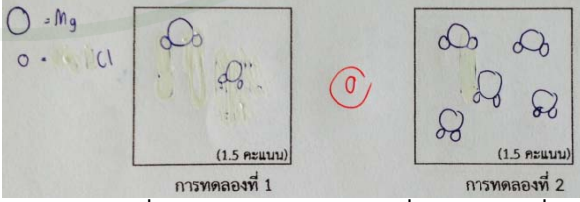
ภาพที่ 27 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.3

“อัตราการผลิตปฏิกิริยาของการทดลองแรกจะเกิดไวกว่าการทดลองที่ 2 เนื่องจากใช้สารในปริมาณที่น้อยกว่า ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ง่าย”

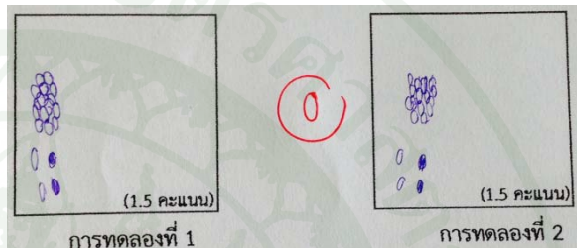


ภาพที่ 28 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 5.4

ตารางที่ 8 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 5

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	12 (43)	 การทดลองที่ 1 (1.5 คะแนน) การทดลองที่ 2 (1.5 คะแนน) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของ HCl 1 M จะมีค่ามากกว่า HCl 0.5 M เนื่องจากสารตั้งต้นมีความเข้มข้นมากกว่าหมายถึงมีเนื้อสาร HCl มากกว่า มีความเข้มข้นมากกว่าการทำปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วกว่า
แบบจำลองทางความคิด ที่สมบูรณ์แต่ถูกต้อง บางส่วน	7 (25)	 การทดลองที่ 1 (1.5 คะแนน) การทดลองที่ 2 (1.5 คะแนน) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของการทดลองที่ 2 จะมากกว่าการทดลองที่ 1 ฉะนั้น การทดลองที่ 2 จะเกิดเร็วกว่าการทดลองที่ 1 เนื่องจากความเข้มข้นของสารจะแปรผันตรงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ความเข้มข้นมากจะมีโอกาสชนกันของโมเลกุลมาก
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	5 (18)	 การทดลองที่ 1 (1.5 คะแนน) การทดลองที่ 2 (1.5 คะแนน) การทดลองที่ 1 จะเกิดการทดลองที่ 2 เพราะเมื่อความเข้มข้นมากจะผลให้เกิดการชนมากขึ้น แสดงว่าโมเลกุลของสารอันนั้นจะมีมากขึ้น ทำให้

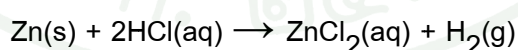
ตารางที่ 8 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	5 (18)	โอกาสควรรชนสูงกว่าโมเลกุลน้อย
แบบจำลองทางความคิด ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์	4 (14)	 เกิดต่างกัน การทดลองที่ 2 จะเกิดสูงกว่า เพราะ การทดลองที่ 2 มีความเข้มข้นน้อยกว่า

6. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: พื้นที่ผิว

หัวข้อนี้ก็เป็นอีกหนึ่งในหัวข้อย่อยเรื่องของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเช่นกัน ฉันได้ออกแบบการทดลอง 2 การทดลองที่ต่างกันแล้วให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายว่าการทดลองของใครที่ให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามากกว่ากัน พร้อมทั้งให้คำอธิบายที่สอดคล้องกับแบบจำลองด้วย

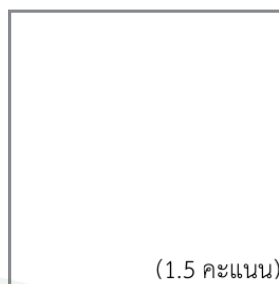
“นาย ก. กับนาย ข. ได้ทำการทดลองเพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของ



ผลการทดลองพบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของทั้งสองการทดลองไม่เท่ากัน ทั้งนี้ข้อแตกต่างของสองการทดลองนี้คือนาย ก. จะใช้แผ่นสังกะสี (Zn) ทั้งแผ่น ขณะที่นาย ข. ได้เอาไปปนก่อนนำมาทำปฏิกิริยา นักเรียนคิดว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของการทดลองใดที่มีค่าสูงกว่า เพราะเหตุใด ให้อธิบายแสดงถึงความแตกต่างในระดับโมเลกุลด้วย”



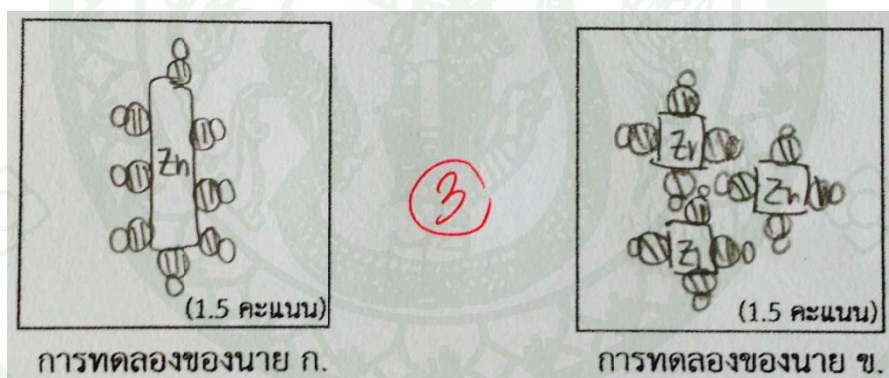
การทดลองของนาย ก.



การทดลองของนาย ข.

ภาพที่ 29 รูปแบบการตอบคำถามข้อ 6

จากการวิเคราะห์ผลพบว่าหัวข้อนี้นักเรียนส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 64 อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่าในสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งเมื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้นเสมือนเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการชนของสารตั้งต้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน



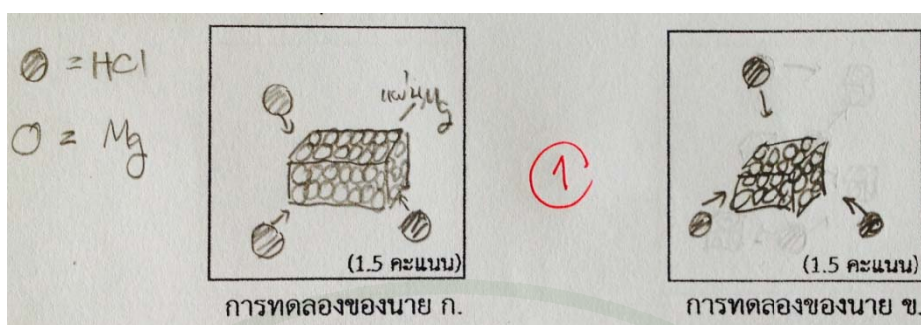
การทดลองของนาย ก.

การทดลองของนาย ข.

ภาพที่ 30 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 6.1

“อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของการทดลองของนาย ข จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากกว่า เนื่องจาก Zn ในการทดลองของนาย ข มีพื้นที่ผิวมากกว่า จึงทำให้ HCl ไปสัมผัสกับ Zn ได้มาก ปฏิกิริยาจึงเกิดได้ไวกว่า เพราะมีการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส”

แต่ในกลุ่มอื่นๆแม้จะมีปริมาณน้อยกว่าแต่ก็มีจุดที่น่าสนใจอยู่เช่นกัน นอกจากนักเรียนในกลุ่มอื่นๆจะอธิบายไม่ชัดเจนหรือวาดรูปไม่ชัดเจนแล้ว ในกลุ่มที่ 4 พบว่ามีนักเรียนบางคนที่ยังเข้าใจผิดเกี่ยวกับการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส โดยนักเรียนตอบดังนี้



ภาพที่ 31 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 6.2

“อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้งสองต่างกัน การทดลองของนาย ก. มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากกว่า การทดลองของนาย ข. เพราะพื้นที่ผิวของ Zn มากจะทำให้จำนวนอนุภาคของ Zn เพิ่มขึ้นด้วย โอกาสชนก็จะมาก และอัตราการเกิดปฏิกิริยาก็จะมากตามไปด้วย”

การที่นักเรียนตอบเช่นนี้ก็อาจเนื่องมาจากที่นักเรียนสับสนเรื่องการเพิ่มพื้นที่ผิวกับการเพิ่มปริมาณ เพราะเมื่อนำของแข็งมาป่นนักเรียนจะเห็นด้วยตาแล้วเสมือนว่าปริมาณมันเพิ่มขึ้น จึงอาจทำให้นักเรียนสับสนกับจุดนี้ได้

ตารางที่ 9 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 6

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	18 (64)	การทดลองของนาย ก. การทดลองของนาย ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของการทดลองนาย ข. จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากกว่า เนื่องจาก Zn ในการทดลองของนาย ข. มีพื้นที่ผิวมากกว่า จึงทำให้ HCl เข้าไปสัมผัสกับ Zn ได้มาก ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วกว่า เพราะมีการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส

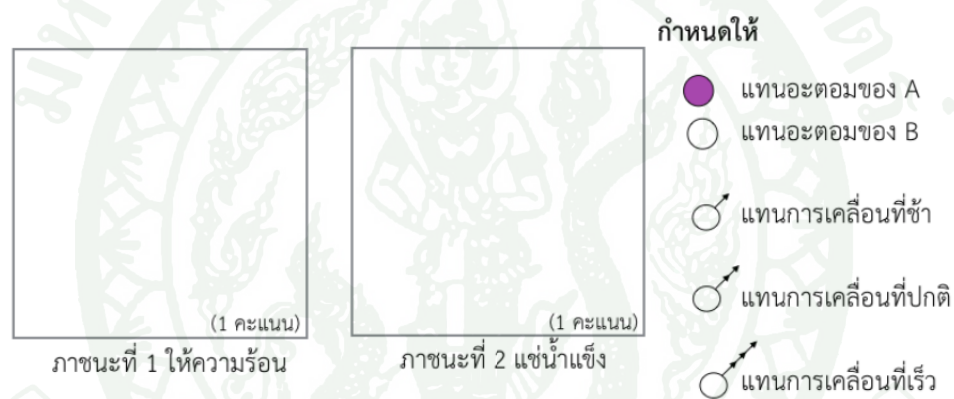
ตารางที่ 9 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่สมบูรณ์แต่ถูกต้อง บางส่วน	3 (11)	การทดลองของนาย ก. (1.5 คะแนน) 3 การทดลองของนาย ข. (1.5 คะแนน) อัตราการเกิดปฏิกิริยาของนาย ข จะสูงกว่าเพราะ อัตราการเกิดปฏิกิริยาแปรผันตรงกับพื้นที่ผิว เพราะ HCl สามารถไปจับ Zn ที่อยู่ตรงกลางได้ และสามารถจับได้ทุกตัว
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	5 (18)	การทดลองของนาย ก. (1.5 คะแนน) 0 การทดลองของนาย ข. (1.5 คะแนน) ของนาย ข มีค่าสูงกว่าเพราะการนำแผ่นไปป้อนจะ ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้น จะทำให้อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้เร็วกว่าแบบแผ่น
แบบจำลองทางความคิด ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์	2 (7)	การทดลองของนาย ก. (1.5 คะแนน) 1 การทดลองของนาย ข. (1.5 คะแนน) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้งสองต่างกัน การทดลองของนาย ก มีอัตราการเกิดปฏิกิริยา มากกว่า การทดลองของนาย ข เพราะพื้นที่ผิว ของ Mg มากจะทำให้จำนวนอนุภาคของ Mg มากขึ้นด้วย ดอกาสการชนก็จะมาก และอัตรา การเกิดปฏิกิริยาก็มากตามด้วย

7. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: อุณหภูมิ

หัวข้อนี้เป็นหนึ่งหัวข้อย่อยเรื่องของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ฉันได้จำลองสถานการณ์เช่นเดียวกันกับข้ออื่นๆ โดยให้การทดลองแก่นักเรียน 2 การทดลองที่เกิดขึ้น ณ อุณหภูมิต่างกันแล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบการทดลองทั้งสองว่าการทดลองใดจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงกว่า พร้อมทั้งเขียนคำอธิบายด้วย

“ปฏิกิริยา $A + B \rightarrow AB$ เกิดขึ้นใน 2 ภาชนะที่ภาชนะหนึ่งให้ความร้อน อีกภาชนะหนึ่งแช่น้ำแข็ง นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาในแต่ภาชนะใดที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่ากัน เพราะเหตุใด ให้นักเรียนวาดรูป (ในระดับโมเลกุล) เพื่อแสดงสิ่งที่เกิดขึ้นในภาชนะทั้งสองด้วย”



ภาพที่ 32 รูปแบบการตอบคำถามข้อที่ 7

จากการวิเคราะห์ผลพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 64 อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง (วาดรูป) ในระดับโมเลกุลที่แสดงความแตกต่างของการเกิดปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กันได้ พร้อมทั้งอธิบายไปถึงพลังงานจลน์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบ

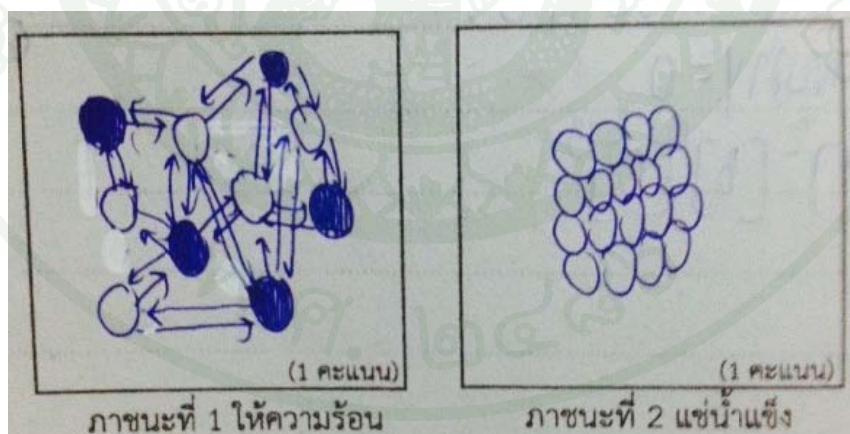
“ในภาชนะร้อนจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่า เพราะเมื่อให้ความร้อนโมเลกุลของสารจะมีพลังงานจลน์มากขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น จึงมีโอกาสชนกันได้มากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงสูงกว่า”



ภาพที่ 33 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 7.1

แต่ทั้งนี้คำตอบของนักเรียนในกลุ่มอื่นๆที่เหลือก็มีหลายคำตอบที่น่าสนใจ เช่นคำตอบในกลุ่มที่ 4 ซึ่งนักเรียนแสดงแบบจำลองและคำอธิบายที่คลาดเคลื่อนไปอย่างมากดังแสดง

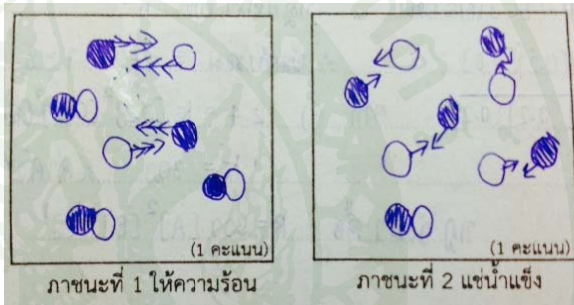
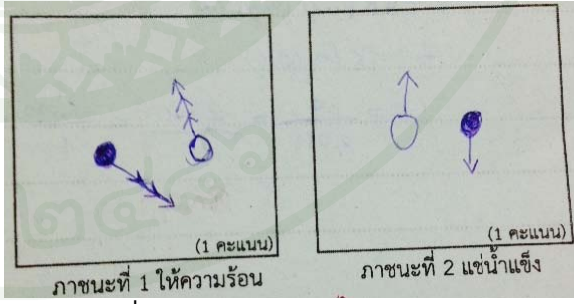
“สถานะที่ 1 เกิดขึ้นเร็วกว่านั้นเป็นเพราะอุณหภูมิแปรผันตรงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นั่นคือถ้าอุณหภูมิมาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมากเพราะเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอนุภาคจะสลายตัวออก ทำให้มีโอกาสนั่นมากขึ้น ส่วนในสถานะที่ 2 เป็นการเยือกแข็งจะเกิดได้ช้าเพราะอนุภาคจะรวมตัวกันทำให้โอกาสน้อย”



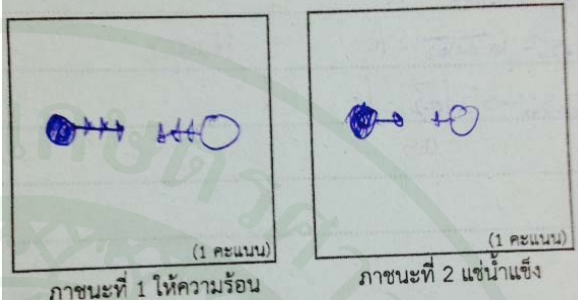
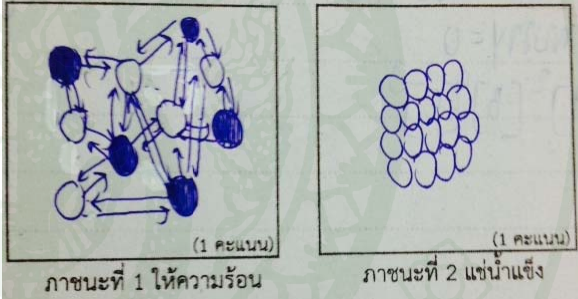
ภาพที่ 34 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแบบจำลองทางความคิดข้อที่ 7.2

จากคำตอบนี้ของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนอาจกำลังคิดถึงการเดือดกับการเยือกแข็งของสารที่เมื่อได้รับพลังงานสูงขึ้นจะเกิดการเคลื่อนที่หลุดออกจากกัน แต่เมื่อถูกลดพลังงานลงจะเกิดการรวมตัวกันเพื่อคายพลังงานสู่ระบบ แม้จะเป็นประเด็นที่ใกล้เคียงกันกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีแตเมื่อนำมาพิจารณากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วพบว่าเป็นประเด็นที่ไม่ได้เชื่อมโยงกันโดยตรง จึงจึงจัดกลุ่มให้คำตอบนี้อยู่ในกลุ่มที่ 4

ตารางที่ 10 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มและร้อยละของคำถามข้อที่ 7

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องสมบูรณ์	18 (64)	 สถานะที่ให้ความร้อนจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเร็วกว่าเพราะโมเลกุลมีพลังงานสูงขึ้น
แบบจำลองทางความคิด ที่สมบูรณ์แต่ถูกต้อง บางส่วน	5 (18)	 ในสถานะที่ให้ความร้อนเพราะความร้อนทำให้เกิดพลังงานจลน์ ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เร็วจึงมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่า

ตารางที่ 10 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
แบบจำลองทางความคิด ที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง	3 (11)	 เพราะความร้อนเป็นหนึ่งในปัจจัยในการเพิ่มอัตรา เพราะความร้อนจะทำให้สารเคลื่อนที่เร็วเนื่องจาก การสั่น และทำให้สารชนกันด้วยความเร็วที่มาก
แบบจำลองทางความคิด ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์	2 (7)	 สถานะที่ 1 เกิดขึ้นเร็วกว่า นั้นเป็นเพราะอุณหภูมิ แปรผันตรงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา นั่นคือถ้า อุณหภูมิมาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมากเพราะ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอนุภาคจะสลายตัวออก ทำให้มี โอกาสชนกันมากขึ้น เมื่อโอกาสชนกันมากอัตรา จะเกิดเร็ว สถานะที่ 2 เป็นการเยือกแข็งจะเกิดได้ ช้าเพราะอนุภาคจะรวมตัวกันทำให้โอกาสชนน้อย

แนวทางการสอนเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากคำถามข้อที่ 1 “ฉันจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างไรด้วยการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน” จากข้อมูลจากอนุทินและบันทึกหลังการสอนของฉันฉันได้ข้อสรุปแนวทางการสอนดังนี้

1. การใช้วีดิทัศน์ที่แสดงให้การเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคและจุลภาคผ่านการอุปมาการอุปมาทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

การใช้วีดิทัศน์ที่แสดงให้การเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคและจุลภาคผ่านการอุปมาเป็น การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงในระดับที่นักเรียนมองเห็นกับการเปลี่ยนแปลงในระดับที่นักเรียนมองไม่เห็นผ่านวีดิทัศน์ที่เป็นแอนิเมชันซึ่งนักเรียนมีความชื่นชอบตามวัยอยู่แล้ว เมื่อนักเรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงทั้งสองระดับนักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทั้งสองระดับได้ และนำความสัมพันธ์นั้นไปปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

แนวทางการสอนนี้เป็นแนวทางการสอนที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 4 เป็นหลักซึ่งฉันจะอธิบายผลที่ได้จากการใช้แนวทางการสอนเช่นนี้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ฉันได้มีการนำเอาวีดิทัศน์รูปภาพ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือเป็นที่สนใจมาเป็นสื่อในการนำเข้าบทเรียนเมื่อฉันนำสื่อดังกล่าวมาแล้วฉันก็ได้มีการใช้คำถามเพื่อตักต้อนให้นักเรียนเข้าสู่เนื้อหาโดยอาศัยสื่อดังกล่าวฉันขอยกตัวอย่างจากแผนการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีฉันแผนการจัดการเรียนรู้แผนนี้โดยฉันได้นำเอาวีดิทัศน์ซึ่งฉันนำมาตัดต่อเองเป็นวีดิทัศน์เกี่ยวกับการวิ่งเพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของอัตราเสียก่อนว่าอัตราคืออะไรจากนั้นจึงเชื่อมโยงเข้ากับ ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนอกจากวีดิทัศน์ที่ฉันได้กล่าวไปในข้างต้นแล้วฉันยังมีการให้นักเรียนยกตัวอย่างอัตราอื่นๆ ที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันเช่น อัตราเร็ว อัตราแลกเปลี่ยนเงินอัตราเร่ง เป็นต้นจากนั้นจึงหาความหมายที่เหมือนกันในแต่ละอัตราแล้วสรุปร่วมกันว่าอัตราคืออะไรในระหว่างการถามตอบระหว่างฉันกับนักเรียนนั้นนักเรียน

มีการตอบคำถามค่อนข้างดีแม้บางคำตอบอาจไม่ได้ใกล้เคียงกับคำตอบก็ตามแต่ฉันเห็นได้ถึง ความสนใจของนักเรียนเมื่อฉันถามความตั้งใจในการดูวีดิทัศน์และความตั้งใจในการพยายามหา อัตราของสิ่งที่ตนเองรู้จักมาตอบ

ผลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนนี้พบว่า วีดิทัศน์ที่ฉันใช้นั้นฉันมีความตั้งใจให้ นักเรียนได้ชมวีดิทัศน์นี้เกิดความสนใจในสิ่งที่ฉันจะสอนต่อไปเป็นหลัก แต่เมื่อพิจารณาสิ่งที่ นักเรียนได้ตอบเมื่อฉันถามเกี่ยวกับอัตราอื่นๆที่นักเรียนนักเรียนรู้จัก ฉันพบว่านักเรียนหลายคน สามารถตอบได้และอธิบายได้ว่าอัตราที่นักเรียนยกตัวอย่างนั้นคืออะไรและหาได้อย่างไร (แสดงแบบจำลองผ่านการพูดอธิบายและการยกตัวอย่าง) ตัวอย่างเช่น

ฉัน: นอกจากอัตราเร็วแล้วนักเรียนรู้จักอัตราอะไรอีกบ้าง

นักเรียน 1: อัตราส่วนร้อยละ

ฉัน : อัตราส่วนร้อยละคืออะไรครับ

นักเรียน 1: คือจำนวน 1 ส่วนใน 100 ส่วนค่ะ

นักเรียน 2: อัตราเร่ง

ฉัน : อัตราเร่งคืออะไรครับ

นักเรียน 2: อัตราเร่งคือความเร็วที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยเวลาครับ

นักเรียน 3: อัตราการเกิดและอัตราการตาย

ฉัน : อัตราการเกิดและอัตราการตายคืออะไรครับ

นักเรียน 3: จำนวนคนที่เกิดหรือตายในช่วงเวลาหนึ่งครับ

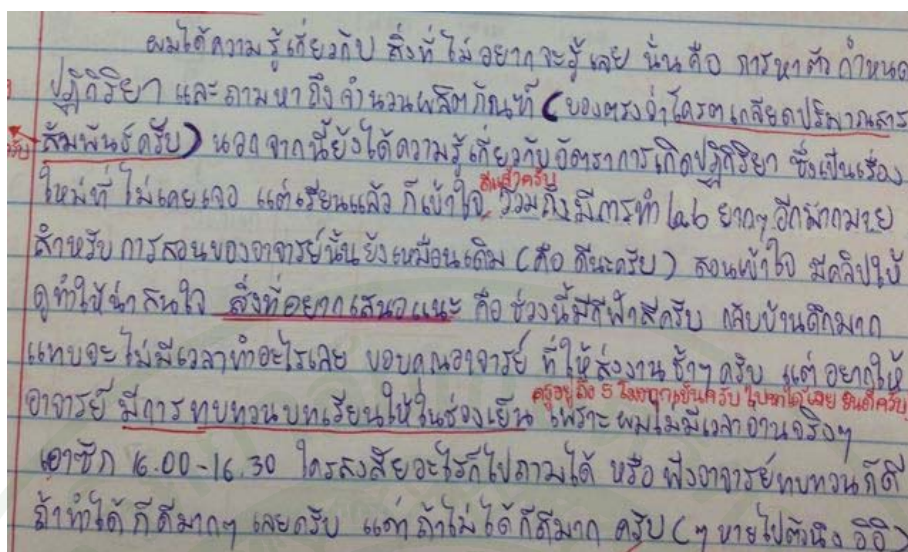
จากบทสนทนาจะเห็นว่านักเรียนแสดงแบบจำลองของนักเรียนออกมาผ่านการอธิบาย และยกตัวอย่างว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับอัตราว่าอย่างไรหลังจากที่นักเรียน ได้วีดิทัศน์แล้ว และจากคำตอบของนักเรียนฉันสามารถที่จะตีความได้ว่านักเรียนมีแบบจำลอง

ทางความคิดในเรื่องอัตราที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แล้ว ซึ่งฉันก็จะได้จัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชั้นสอนต่อไป



ภาพที่ 35 ตัวอย่างคลิปวีดิทัศน์ที่ใช้ในวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (การวิ่ง)

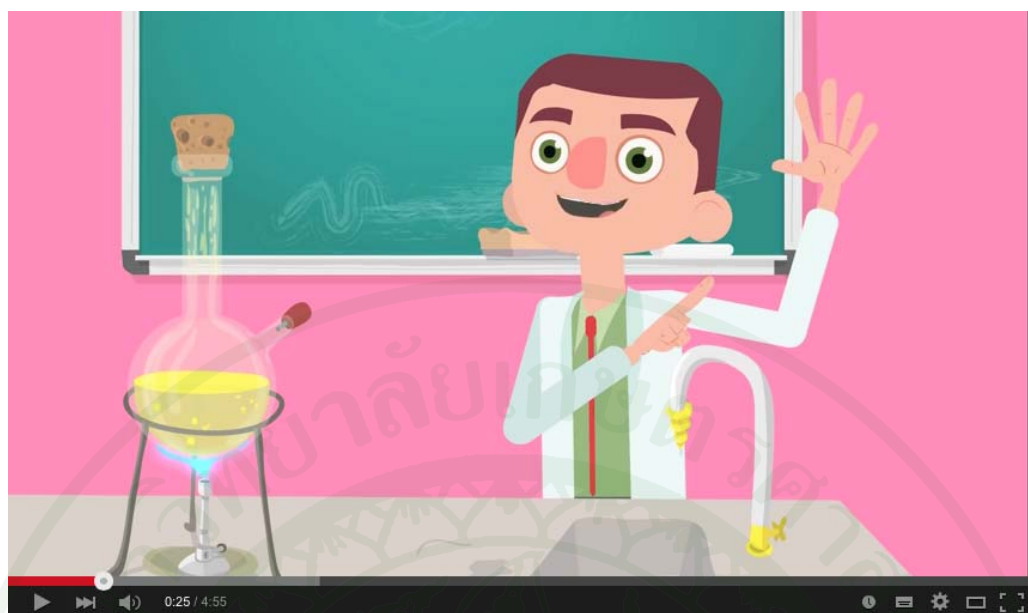
จากบันทึกการสอนของฉันและอนุทินของนักเรียน(ตัวอย่างอนุทินของนักเรียน “...นอกจากนี้ยังได้ความรู้เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาซึ่งเป็นเรื่องใหม่ที่ไม่เคยเจอแต่เรียนแล้วก็เข้าใจรวมถึงมีการทำ lab ยากๆ อีกมากมายสำหรับการสอนของอาจารย์นั้นยังเหมือนเดิม(คือดีนะครับ) สอนเข้าใจมีคลิปให้ดู ทำให้น่าสนใจ...”)



ภาพที่ 36 ตัวอย่างอนุทินของนักเรียนสำหรับแนวทางการสอนที่ 1

ในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 และ 3 นั้นฉันไม่ได้มีการนำวีดิทัศน์มาให้ให้นักเรียนได้ชม เนื่องจากข้อจำกัดในหลายด้าน ทั้งที่แท้จริงแล้วผลจากแผนการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 1 นั้นหลังจากที่นักเรียนได้ชมวีดิทัศน์แล้วนั้นนักเรียนแสดงออกถึงแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก็ตาม แต่ฉันก็ได้นำเอาผลที่ได้นี้มาใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 4 (เนื้อหาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อันได้แก่ ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิว และอุณหภูมิ)

ในแผนการจัดการเรียนรู้สุดท้าย (แผนที่ 4) ฉันได้ใช้วีดิทัศน์ที่มีลักษณะเป็นการตูนแอนิเมชันซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ในห้องชอบ (วีดิทัศน์จาก TED Education) และวีดิทัศน์นี้เป็นวีดิทัศน์ที่ใช้การอุปมาในการแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยแสดงออกมาในรูปความสัมพันธ์ระหว่างระดับมหภาคและระดับจุลภาคในขั้นตอนของการสรุปเนื้อหาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (อันได้แก่ ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง และอุณหภูมิ)

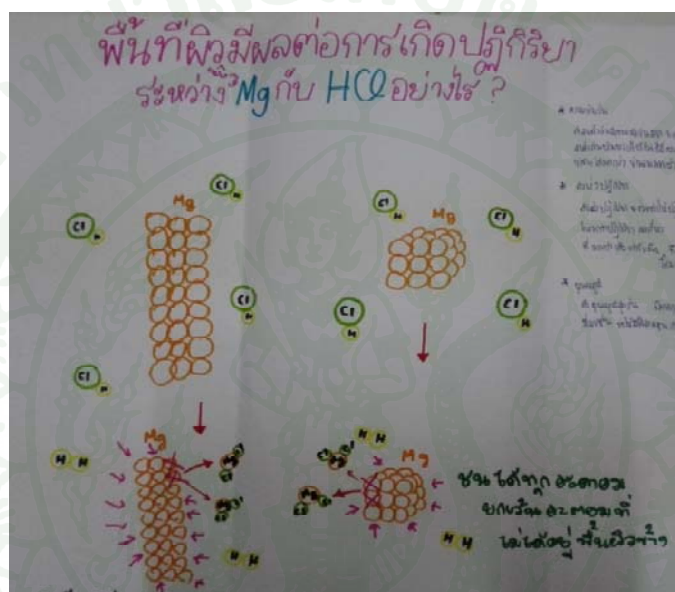


ภาพที่ 37 ตัวอย่างคลิปวีดิทัศน์ที่ใช้ในวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (การ์ตูน)

จากบันทึกหลังการสอนของฉันทพบว่ามีนักเรียนสนใจกับวีดิทัศน์นี้ค่อนข้างดี นอกจากนี้ยังมีการร่วมในการสร้างเรื่องราวให้แก่แอนิเมชันนี้อีกด้วย ทั้งนี้เนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในวีดิทัศน์เป็นเนื้อหาที่นักเรียนได้ทำการทดลองและมีการนำเสนอแบบจำลองไปก่อนหน้านี้แล้ว การใช้วีดิทัศน์แอนิเมชันของฉันทในแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะเพื่อปรับเปลี่ยนจำลองทางความคิดของนักเรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้นและเพื่อเป็นการสรุปเรื่องที่ได้เรียนรู้ไปพร้อมกันด้วย ผลที่ได้จากการใช้วีดิทัศน์นี้ นักเรียนมีการนำไปปรับปรุงแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง (ภาพวาด) ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีการนำเสนอให้เพื่อนๆในกลุ่มฟังจากการที่ฉันทไปร่วมฟังและถามก็พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากขึ้นกว่าเดิม ทั้งยังสามารถตอบคำถามของเพื่อนในกลุ่มและคำถามของฉันทได้เป็นจำนวนมาก

เมื่อพิจารณาจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดซึ่งพบว่าในหัวข้อปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ความเข้มข้นของสารตั้งต้นนั้นมีนักเรียนอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 43 และหัวข้อปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: พื้นที่ผิวกับอุณหภูมิมีนักเรียนอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์ถึงร้อยละ 64 ผลจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดในเนื้อหาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีความเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง

ผลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผน ที่มีการใช้วิธีทัศนการวิ้ง (แผนที่ 1) ทำให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับอัตราได้ ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาเรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ง่ายขึ้น และวิธีทัศนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับมหภาคและจุลภาคผ่านการอุปมา (แผนที่ 4) ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น มีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น หลังจากได้รับชมวิธีทัศนและการปรับปรุงแบบจำลอง



ภาพที่ 38 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหลังจากได้ชมวิธีทัศนในแผนที่ 4

2. ใช้เวลาในการวางแผนการทดลองในเรื่องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาคูด-คายความร้อน และปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พร้อมทั้งนำเสนอร่วมกันในห้องทำให้นักเรียนทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

ในขั้นตอนการค้นหาคำตอบของนักเรียนนั้นในหลายแผนการจัดการเรียนรู้ (3 แผน) ฉันได้ให้นักเรียนทำการทดลองและทุกครั้งที่ทำทดลองฉันจะให้นักเรียนเป็นผู้ที่ออกแบบการทดลองเองว่านักเรียนต้องการหาคำตอบด้วยการทดลองแบบใดแล้วจึงนำแผนการทดลองของแต่ละกลุ่มมานำเสนอหน้าห้องเพื่อทำการอภิปรายถึงวัตถุประสงค์ตัวแปรต่างๆ และวิธีการเก็บข้อมูลร่วมกันทำให้นักเรียนได้เห็นถึงจุดเด่นและจุดด้อยของแผนการทดลองของกลุ่มตนเอง และมีการปรับแผนการทดลองของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) นักเรียนจะมีคำถามหรือข้อสงสัยที่ต้องการหาคำตอบและได้มีการดำเนินการหาคำตอบโดยผ่านการทดลองจากนั้นจึงนำเสนอคำตอบด้วยแบบจำลองในขั้นการหาหลักฐานหรือหาข้อมูลด้วยการทำการทดลองนั้นเป็นอีกหนึ่งขั้นที่สำคัญผลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 ซึ่งฉันได้มีการให้นักเรียนวางแผนการทดลองมาก่อนที่จะเข้าคาบเรียนและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มที่มีความพร้อมในการทำการทดลองแล้วยกมือเพื่อนำเสนอให้ฉันฟังและตอบคำถามของฉัน ผลปรากฏว่าในคาบเรียนนี้ฉันไม่สามารถควบคุมให้การทดลองของนักเรียนแล้วเสร็จได้ทั้งนี้การทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นเป็นการทดลองที่ทำได้ง่ายและไม่ควรใช้เวลาในการทำนานเกินครึ่งชั่วโมง แต่ฉันใช้เวลาในการนำเสนอแบบตัวต่อกลุ่มนานถึงเกือบ 30 นาที ทำให้เหลือเวลาในการทำการทดลองของนักเรียนเพียง 20 นาที และการทำการทดลองของนักเรียนยังค่อนข้างล่าช้าเพราะนักเรียนยังไม่แน่ใจในการเลือกใช้อุปกรณ์ของตัวเอง ทั้งนี้บางส่วนมาจากการถามคำถามของฉันทที่ยังขาดประเด็นของการเลือกใช้อุปกรณ์ ฉันทถามเพียงตัวแปรที่เกี่ยวข้องและวิธีการทดลองเพียงคร่าว ๆ เท่านั้นจึงทำให้นักเรียนทำการทดลองได้ล่าช้าและไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

การจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 ฉันไม่ได้ให้นักเรียนทำการทดลอง

ผลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 ที่ฉันได้ให้นักเรียนสังเกตและบอกข้อแตกต่างของปฏิกิริยาเคมี 2 ปฏิกิริยาที่ฉันได้กำหนดให้ (ปฏิกิริยาดูดความร้อนและปฏิกิริยาคายความร้อน) แผนนี้ฉันไม่ได้ให้นักเรียนออกแบบการทดลองใดๆ แต่ให้นักเรียนออกแบบวิธีการในการสังเกตของนักเรียนและทำได้เลยไม่ต้องมีการนำเสนอ ทั้งนี้แม้ผลจากแผนแรกจะให้ผลที่ไม่ค่อยดีนัก แต่ฉันเห็นว่าในแผนที่ 3 นี้นักเรียนไม่ได้ทำการทดลองที่มีตัวแปรมาเกี่ยวข้องแต่อย่างใดเพียงแค่สังเกตเท่านั้น ฉันจึงได้ประหยัดเวลาโดยการให้นักเรียนออกแบบวิธีการและทำการทดลองได้เลยแล้วจึงนำผลที่ได้มานำเสนอหน้าชั้นเรียน ในตอนแรกนักเรียนค่อนข้างวุ่นวายเพราะไม่แน่ใจว่าจะสังเกตอย่างไร แต่เมื่อเห็นเพื่อนเริ่มมีการวางแผนและใช้อุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการนักเรียนคนอื่นๆ จึงได้มีการเริ่มวางแผนและใช้อุปกรณ์กันทุกคน เช่น บางคนใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยา บางคนใช้ไฟฉายส่องที่สารละลายหลังจากเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น ผลที่ได้จากแผนที่นี้ทำให้นักเรียนเริ่มเห็นความสำคัญของการวางแผนมากขึ้นในเรื่องของการใช้อุปกรณ์

แผนการจัดการเรียนรู้แผนสุดท้าย (แผนที่ 4) หลังจากที่ได้จัดการการเรียนรู้ก่อนหน้านี้ฉันได้เรียนรู้ว่าการที่ฉันให้นักเรียนนำเสนอและตอบคำถามกับฉันเป็นรายกลุ่มนั้นทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมาก และการวางแผนก่อนนั้นจะทำให้นักเรียนมีแนวทางในการทำงาน ฉะนั้นในแผนที่

ฉันจึงให้นักเรียนออกแบบการทดลองในห้องก่อน 15 นาทีสุดท้ายก่อนหมดคาบและนำกลับไปออกแบบนอกเวลาต่อในกรณีที่ไม่เสร็จ แล้วจึงนำแผนที่ออกแบบนั้นมานำเสนอหน้าชั้นเรียน หลังจากนั้นนำเสนอเสร็จฉันได้ถามก่อนว่ามีกลุ่มไหนที่เหมือนกันหรือคล้ายกันเพราะให้ออกมาที่เดียว หลังจากนั้นก็ได้มีการให้เพื่อนในห้องถามคำถามและอภิปรายเกี่ยวกับตัวแปร วิธีการ และเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ผลที่ได้พบว่าฉันสามารถทำให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้ง 3 ปัจจัยได้แล้วเสร็จภายในเวลา 1 คาบเรียน (รวมนำเสนอและอภิปราย) และผลที่ได้พบว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่าแต่ละปัจจัยส่งผลหรือไม่ อย่างไร นั้นแสดงให้เห็นว่าแผนการทดลองที่นักเรียนออกแบบมามีประสิทธิภาพ จึงสมารถที่จะตอบสนองมาตรฐานได้

เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน ผลที่ได้จากแต่ละแผนซึ่งเป็นทั้งข้อผิดพลาด (แผนที่ 1 ใช้เวลาในการนำเสนอและทำการทดลองนานเกินไป) และข้อดี (แผนที่ 3 นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนการทดลอง และแผนที่ 4 นักเรียนทำการทดลองได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ) เป็นผลรวมที่ทำให้แนวทางในการสอนที่ครูใช้เวลาในการวางแผนการทดลองในเรื่องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาดูด-คายความร้อน และปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พร้อมทั้งนำเสนอร่วมกันในห้องจะทำให้นักเรียนทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น

3. การจัดการเรียนรู้โดยลำดับจากนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามนักเรียนค้นหาคำตอบ นักเรียนสร้างแบบจำลองนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองและนักเรียนปรับปรุงแบบจำลองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Inquiry) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการผสมผสานระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) ฉะนั้นการจัดการเรียนรู้เช่นนี้จึงไม่ได้มีขั้นตอนการสอนที่ระบุไว้อย่างชัดเจนให้ปฏิบัติตามฉันจึงได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการสร้างความสงสัยและให้นักเรียนหาคำตอบโดยปรับร่วมกับการใช้แบบจำลองมาอธิบายคำตอบของนักเรียนและมีการปรับปรุงหรือตีกลับแบบจำลองเพื่อเป็นการปรับหรือเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจึงทำให้นักเรียนทราบความเข้าใจของตนเองและปรับให้เป็นความเข้าใจที่ถูกต้องจึงสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ฉันมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนโดยเริ่มจากขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ให้นักเรียนได้รู้จักคำว่าอัตราผ่านการใช้วัตถุที่มีน้ำหนักกำลังแข่งขันกันอยู่มาเป็นสิ่งที่นำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจนิยามของอัตราเสียก่อน ในขั้นนี้นักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับอัตราและแสดงออกมาในรูปแบบของการตอบคำถามที่ฉันถามและการอธิบายคำตอบของตนเองจากนั้นในขั้นสอนซึ่งนักเรียนจะได้รู้จักกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งฉันใช้การเชื่อมโยงจากขั้นนำที่นักเรียนได้เรียนรู้คำว่าอัตรามาแล้ว จากนั้นฉันให้นักเรียนบอกความหมายของปฏิกิริยาเคมีโดยการถามตอบรวมทั้งแสดงวิธีการหา (นักเรียนเขียนเป็นสูตรทั่วไปของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เท่ากับปริมาณที่เปลี่ยนไปของสารต่อเวลา) เมื่อนักเรียนมีการอธิบายความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วฉันจึงได้กำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มในห้องได้ทำปฏิบัติการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก (อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ยอัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วงใดช่วงหนึ่งและอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง) จากนั้นฉันให้เวลานักเรียนในการทำความเข้าใจและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายว่าเมื่อเริ่มต้นและหลังจากปฏิกิริยาเปลี่ยนไปโมเลกุลของสารในระบบจะเป็นอย่างไรนักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดผ่านการสร้างแบบจำลองและการอธิบายแบบจำลอง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองและอภิปรายร่วมกันถึงจุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองเพื่อปรับปรุงแบบจำลองซึ่งในแผนแรกนั้นมีแบบจำลองของนักเรียนที่ยังไม่ถูกต้องอยู่เหมือนกันและผลจากแผนแรกนั้นเมื่อพิจารณาตามขั้นตอนที่ได้ทำจะเห็นว่าทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้วนักเรียนสามารถเกิดการเชื่อมโยงจากแต่ละขั้นตอนได้ตั้งแต่เริ่มสอนในเรื่องอัตราแล้วเข้าสู่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากนั้นก็มีการสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงความเข้าใจของนักเรียน มีการอภิปรายร่วมกัน แต่ในแผนนี้ก็มีส่วนที่ไม่ประสบความสำเร็จในเรื่องของการปรับปรุงแบบจำลองเนื่องจากขณะที่มีการอภิปรายกันฉันและเพื่อนนักเรียนในห้องไม่ได้มีการชี้ให้เห็นจุดเด่นและจุดบกพร่องที่ชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนที่นำเสนอแบบจำลองไม่ได้เห็นว่าแบบจำลองของกลุ่มตนนั้นยังมีข้อตำหนิเกี่ยวกับเนื้อหาที่ยังไม่สามารถอธิบายได้อยู่จึงทำให้การปรับปรุงแบบจำลองในแผนนี้เป็นไปในรูปแบบของการปรับปรุงเพื่อความสวยงามและมองเห็นภาพชัดเจนแต่ไม่ได้ปรับปรุงเพื่อให้อธิบายได้มากขึ้น

ต่อมาในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 (แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยา) ฉันได้เริ่มนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้โลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกที่นักเรียนได้ทำไปในแผนที่ 1 มาใช้เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปฏิกิริยาเคมีว่าแท้จริงแล้วในระดับโมเลกุลเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และเข้าสู่ขั้นการสอนโดยกำหนดปฏิกิริยาเป็นสมการเคมีให้นักเรียนดังนี้ $A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g)$ จากนั้นก็ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อหาข้อมูล ทำความเข้าใจและให้แสดงบทบาทสมมติเพื่อแสดงการเกิดปฏิกิริยานี้

(แสดงแบบจำลองทางความคิดในรูปของบทบาทสมมติ) จากนั้นก็มีการอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการแสดงของแต่ละกลุ่มว่าเป็นไปได้หรือไม่ มีปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่นักเรียนแสดง ซึ่งจากขั้นตอนที่ได้กล่าวพบว่านักเรียนมีการสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาตั้งแต่ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและแสดงออกมาผ่านการตอบคำถามและวาดรูปบนกระดานแต่ในขั้นสอนของฉันทกลับไม่ได้มีการนำเอาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมาใช้ในขั้นสอนต่อทำให้นักเรียนมองไม่เห็นการเชื่อมโยงในสิ่งที่ฉันจะสอน ในขั้นสอนฉันมีปฏิกิริยาใหม่ให้นักเรียนคิดหาคำตอบและแสดงการเกิดปฏิกิริยาผ่านบทบาทสมมติพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ในชั้นเรียนต่างสนุกกับการเตรียมตัว การนำเสนอ และการร่วมอภิปราย (ดังภาพที่ 39) แต่ทั้งนี้ในขั้นปรับปรุงแบบจำลองของแผนนี้ฉันไม่ได้ให้นักเรียนกลับมานำเสนอซ้ำหากจะเป็นในรูปของการให้ข้อเสนอมากกว่า จุดนี้ก็เป็นข้อด้อยหนึ่งของแผนนี้เนื่องจากฉันไม่อาจที่จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าหลังจากนักเรียนอภิปรายกันแล้วนั้นแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่



ภาพที่ 39 การแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้บทบาทสมมติของนักเรียน

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 (ปฏิกิริยาดูด-คายความร้อน) ฉันได้มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเอาปฏิกิริยา 2 ปฏิกิริยามาให้นักเรียนชมหน้าชั้นเรียน (เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนและ

ปฏิริยาความร้อน) จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาว่าปฏิริยาทั้งสองนี้ต่างกันอย่างไรบ้าง และเมื่อเข้าชั้นสอนฉันได้ให้นักเรียนออกแบบวิธีการที่จะช่วยให้นักเรียนทราบได้ว่าปฏิริยาทั้งสองต่างกันอย่างไรและลงมือทำการสังเกตตามที่ได้วางแผนไว้ จากนั้นก็ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลที่ได้จากการสังเกตมาเขียนบนกระดาน โดยมีฉันเป็นผู้ที่คอยชี้ให้เห็นว่ามีข้อใดบ้างที่แต่ละกลุ่มเหมือนกันหรือต่างกัน จากนั้นก็นำมาสรุปรวมอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะให้นักเรียนอธิบายว่าเหตุใดปฏิริยาทั้งสองจึงต่างกัน และให้กราฟแก่นักเรียน (แกน x เป็นการดำเนินไปของปฏิริยา และแกน y เป็นพลังงาน) เพื่อให้นักเรียนเขียนเส้นกราฟแสดงพลังงานที่เปลี่ยนแปลงเมื่อปฏิริยาดำเนินไปแล้วใช้กราฟอธิบายความแตกต่างของปฏิริยาทั้งสองแล้วระหว่างที่ตัวแทนกลุ่มนำเสนอ ก็มีการอภิปรายร่วมกันในห้องไปด้วย

ผลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนนี้พบว่า การนำเข้าสู่บทเรียนและการสอนของฉันเป็นสิ่งที่ยังเป็นหนึ่งเดียวกันอยู่ทำให้นักเรียนไม่ได้เกิดการเชื่อมโยงหรือมีประสบการณ์เดิมใดๆมาก่อนที่ต้องเริ่มทำการสังเกตและบันทึกผล และการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนที่จะทำกิจกรรมการสอนก็มองไม่ชัดเจนเพราะฉันไม่ได้มีการถามคำถามหรือใช้กิจกรรมที่นักเรียนจะได้แสดงความคิดในเรื่องปฏิริยาคายความร้อนเลย แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนแสดงออกมาเป็นเพียงแบบจำลองทางความคิดในเรื่องของการสังเกตปฏิริยาเท่านั้น แต่เมื่อนักเรียนได้วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิริยาของปฏิริยาทั้งสอง (แบบจำลองแสดงออกของนักเรียน) แสดงให้เห็นถึงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนว่าพวกเขามีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปฏิริยาทั้งสองอย่างไร และผลที่ได้จากแผนนี้ฉันยังพบอีกว่าในการที่นักเรียนจะแสดงแบบจำลองออกมาในรูปแบบกราฟได้นั้นนักเรียนจะต้องอาศัยความรู้ในเรื่องของทฤษฎีการชน ทฤษฎีสารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์ และพลังงานก่อกัมมันต์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยหากไม่เช่นนั้นแล้วนักเรียนจะไม่สามารถเชื่อมโยงได้ว่าเมื่อปฏิริยาเคมีเกิดขึ้นพลังงานเกี่ยวข้องอย่างไร

แผนการจัดการเรียนรู้แผนสุดท้าย (ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิริยาเคมี: ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิว และอุณหภูมิ) แผนนี้เป็นแผนที่มีการปรับแผนจากผลที่ได้จากแต่ละแผนประกอบกับเนื้อหาในแผนนี้เอื้ออำนวยให้การสอนที่ดำเนินตามขั้นตอนข้างต้นมีความเป็นไปได้สูง ฉะนั้นในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ฉันจึงได้มีการนำเอาสถานการณ์จากแผนที่ 1 ที่ให้นักเรียนหาอัตราการเกิดปฏิริยาเคมีมาใช้ประโยชน์โดยที่ฉันมีภารกิจให้นักเรียนว่าหากนักเรียนเหลือเวลาในการทำการให้สารเกิดปฏิริยาน้อยมากนักเรียนจะอย่างไรให้ปฏิริยาเกิดเร็วขึ้น ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานจากนั้นวางแผนออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานเมื่อนักเรียนมีแผนการทดลองแล้วให้นักเรียนทำการทดลองตามแผนนั้น แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันในกลุ่มและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสมมติฐานที่ได้รับ

การยืนยันด้วยหลักฐานจากการทดลองนั้น จากนั้นร่วมกันอภิปรายว่าแบบจำลองที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ นั้นมีจุดเด่นจุดด้อยใดบ้าง และสามารถใช้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหรือสิ่งที่เปลี่ยนแปลง ในขณะทำการทดลองได้หรือไม่ จนได้ข้อสรุปในที่สุดว่าหากอยากให้ปฏิกิริยาเร็วขึ้นต้องทำอย่างไรบ้าง

ผลที่ได้จากแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนดังกล่าวพบว่านักเรียนจะเกิดการ เรียนรู้ที่ต่อเนื่องกันจากแต่ละขั้นตั้งแต่ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนที่นักเรียนเกิดความสนใจ ความสงสัย ในสิ่งหนึ่งๆ (เนื้อหาที่จะสอน) เกิดการสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมาในตัวของนักเรียน และได้ทำการค้นหาคำตอบในข้อสงสัยนั้นๆ (ในขั้นนี้ก็ถือเป็นขั้นหนึ่งที่นักเรียนจะได้พิสูจน์และ ปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของตนเอง จากนั้นก็นำแบบคำตอบนั้นมาสร้างเป็นแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดร่วมกันกับเพื่อนโดยการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จึงพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้

4. การใช้คำถามที่ท้าทายการตอบคำถามด้วยคำถามและการถามซ้ำใช้ไล่เรียง เมื่อใช้ร่วมกันแล้วสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้

โดยปกติแล้วเมื่อมีการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแล้ว นักเรียนจะเป็นผู้ที่คิดและเข้าใจได้ด้วยตนเองโดยที่ครูจะเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำให้ความ ช่วยเหลือหรือให้คำปรึกษาเท่านั้นตนเองยึดในความเชื่อนี้เช่นกันฉะนั้นเมื่อนักเรียนสงสัยและ ถามฉันมักจะตอบคำถามนั้นของนักเรียนด้วยคำถาม ถามซ้ำไล่เรียงแล้วจากนั้นก็มีการ พุดให้คนทั้งห้องช่วยตอบและช่วยกันอภิปรายว่าคำตอบนั้นของเพื่อนนักเรียนถูกต้องหรือไม่ หรือคำถามนั้นมีใครที่จะช่วยอธิบายได้หรือไม่อย่างไรและนอกการการตอบคำถามด้วยคำถาม แล้วการถามด้วยคำถามที่ท้าทายให้นักเรียนอยากตอบ (เช่น จริงหรือไม่ ใช่หรือเปล่า ควร พิจารณาให้ดีกว่านี้ที่กล่าวมานี้พิจารณาดีแล้วใช่ไหมจะตอบเลยไหมหรือกลับไปคิดก่อนเป็นต้น) ก็ ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะทราบคำตอบหรือต้องการที่จะตรวจสอบเพื่อยืนยัน คำตอบของตนเอง จนนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เช่นกัน

ในแผนการจัดการเรียนรู้แผนแรกฉันใช้คำถามประเภทนี้พบว่าไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากเมื่อนักเรียนได้ฟังฉันถามแล้วนักเรียนจะคิดว่าฉันจะต้องมีอะไรซ่อนอยู่หรือกำลัง หลอกอะไรเขาสักอย่างเช่น

ครู: จากคลิปแรกที่ครูเปิดนักเรียนคิดว่าใครที่วิ่งเร็วที่สุดครับ

นักเรียน 1: คนที่วิ่งเข้าเส้นชัยคนแรกค่ะ

ครู: ทำไมนักเรียนคิดอย่างนั้นล่ะครับดูจากอะไรหรอ ครูไม่เห็นดูออกเลย

นักเรียน 1: (เงิบสักรู) ไม่รู้เหมือนกันค่ะก็เขาเข้าคนแรกนี่ค่ะ

ครู: โอเคครับนั้นลองฟังคนอื่นดูก่อนนะ

นักเรียน 2: คนที่วิ่งได้ที่ 2 ครับ

ครู: ทำไมคนที่ได้ที่ 2 ถึงวิ่งเร็วกว่าล่ะครับ

นักเรียน 2: ก็เขาซอยเท้าเร็วกว่านี่ครับน่าจะมียัตราเร็วมากกว่าไม่งั้นครูก็ยังไม่ถามหรือครับถ้าคนที่วิ่งเข้าเส้นชัยก่อนวิ่งเร็วสุด

นักเรียน 3: แต่ผมว่าคนที่วิ่งเข้าสุดท้ายครับเพราะว่าเขาอยู่ในสุด(อยู่ลู่ด้านในที่ติดกับสนามกีฬา) ก็ต้องวิ่งเร็วสุดใช่ไหมครับครู

ซึ่งจากการตอบของนักเรียนฉันยังไม่ได้เฉลยในทันทีแต่ฉันใช้วิธีถามคนอื่นๆไปเรื่อยๆจนได้คนที่มั่นใจในคำตอบและสามารถอธิบายเพื่อนได้

จากผลที่ได้ในแผนแรกทำให้ในแผนที่สองของฉันได้ลดคำถามประเภทนี้ลงบ้างแต่ผลที่ได้กลับพบว่านักเรียนไม่ได้พยายามที่จะตอบมากนักดังตัวอย่าง

ครู: นักเรียนคิดว่าทำไมมันชนกันแล้วได้ AB ออกมาล่ะครับ ($A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$)

นักเรียน 1: เพราะว่า A_2 และ B_2 เป็นพันธะโควาเลนต์ชนกันแล้วมันก็สลายพันธะไป

ครู: พันธะโควาเลนต์คืออะไรครับทำไมถึงสลายพันธะออกได้ง่ายๆที่มีความแข็งแรงของพันธะมาก

นักเรียน 1: (เจียบและไม่ได้ตอบคำถาม)

ซึ่งจากตัวอย่างในแผนนี้ฉันพบว่าหากฉันถามนักเรียนด้วยคำถามที่ถามตรงๆให้นักเรียนตอบเลยนักเรียนที่ไม่ทราบก็จะไม่ตอบและไม่พยายามตอบเนื่องจากไม่ได้มีแรงจูงใจให้ตอบนั่นเองฉะนั้นในแผนต่อไปฉันจึงได้ใช้คำถามที่ท้าทายนักเรียนมาสอดคล้องตลอดการจัดการเรียนรู้

นอกจากนี้การตอบคำถามด้วยคำถามนั้นนักเรียนจะทำให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิดมากกว่าและจะคิดหาคำตอบเองก่อนที่จะถามในแผนแรกและแผนที่2 นั้นฉันได้ไม่ได้สอดคล้องคำถามประเภทนี้มากนักแต่ก็มีอยู่บ้างเช่น

นักเรียน: ครูครับอัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วงใดช่วงหนึ่งกับ ณ ขณะใดขณะหนึ่งมันต่างกันยังไงหรือครับ

ครู: แล้วนักเรียนคิดว่ามันต่างกันไหมครับแล้วทำไมเขาถึงให้คิดแยกกันด้วยนะ

จากตัวอย่างจะเห็นว่าการถามกลับด้วยคำถามของฉันนั้นเป็นเพียงการย้อนคำถามซึ่งสิ่งที่นักเรียนจะได้คือความไม่เชื่อถือนั่นในตัวฉันว่ามีความรู้หรือไม่ฉะนั้นจึงเป็นฝ่ายที่เฉลยเองโดยที่ยังไม่ทันได้ทราบว่านักเรียนคนนั้นได้คิดหรือยังแต่ในแผนถัดๆมาพัฒนาการในการตอบคำถามด้วยคำถามก็ฉันก็เพิ่มมากขึ้นดังตัวอย่าง

นักเรียน: ครูครับทำไมเราเอาปฏิกิริยาไปใส่น้ำร้อนอัตรามันถึงขึ้นล่ะครับ

ครู: เออ...นั่นสิน้ำร้อนมันไปทำอะไรได้เนี่ย งั้นครูถามหน่อยอัตราคืออะไรครับ

นักเรียน: การเปลี่ยนแปลงของสารต่อเวลาครับ

ครู: แล้วสารมันเปลี่ยนแปลงได้ยังไงอะครับ

นักเรียน: เกิดปฏิกิริยาครับแล้วมันก็เปลี่ยนแปลงสารตั้งต้น (เปลี่ยนจากสารตั้งต้นเป็นสารผลิตภัณฑ์)

ครู: อืม...ครับแล้วปฏิกิริยา มันเกิดขึ้นได้ต้องมีปัจจัยอะไรมาเกี่ยวข้องบ้างล่ะครับ

นักเรียน: ก็มีสารตั้งต้นมาชนกัน ต้องชนในทิศทางที่ถูกและมีพลังงานมากพอครับ

ครู: ถ้าทิศทางถูกแต่พลังงานไม่พอเกิดขึ้นได้ไหมครับ

นักเรียน: ไม่ได้ครับ

ครู: แล้วถ้าทิศทางไม่เหมาะสมแต่มีพลังงานเยอะมากเกินไปพอสะครับ เกิดปฏิกิริยาไหม

นักเรียน: ก็ไม่เกิดครับ

ครู: ถ้าอย่างนี้ ถ้าเราต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดเราควรทำอย่างไรบ้างครับ

นักเรียน: ก็ทำทิศทางให้เหมาะสม แล้วก็ให้พลังงานให้เพียงพอครับ

ครู: เออ...จริงด้วย แล้วเราใส่น้ำร้อนมันทำให้ทิศทางเหมาะสมหรือว่าเพิ่มพลังงานครับ

นักเรียน: เอ่อ เพิ่มพลังงานสิครับ เอ่อ เพิ่มพลังงานจลน์ใช้ไหมครับ มันจะได้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น เวลาชนก็จะมีพลังงานมากขึ้น ปฏิกิริยาก็คงเกิดมากขึ้นใช้ไหมครับ

จากตัวอย่างจะเห็นว่าฉันใช้การถามชักใช้ไล่เสี่ยงกับการใช้คำถามที่ทำทายนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้สึกอยากเอาชนะโดยฉันจะถามคำถามที่ง่ายๆ ที่คิดว่านักเรียนทราบอยู่แล้วๆ แล้วก็ค่อยๆ เชื่อมโยงแนวคิดเข้ามาที่คำถามของนักเรียนนั่นเอง

5. การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างหรือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้เกิดประสบการณ์ด้วยตนเองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้

การจัดการเรียนรู้ของฉันทุกแผนการจัดการเรียนรู้จะมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองไม่ว่าจะเป็นการทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของคำถามที่นักเรียนสงสัย (เป็นทั้งการตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดของตนเองจากในขั้นนำ หรือสร้างแบบจำลองทางความคิดของคำตอบนั้นๆ) การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายคำตอบของตนเอง (เป็นการตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดของตนเองผ่านการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อน) เหล่านี้นักเรียนจะเกิดกระบวนการคิดและลงมือปฏิบัติโดยนักเรียนจะแสดงความเข้าใจของตนเอง (แบบจำลองทางความคิดของตนเอง) ออกมาให้คนอื่นทราบและอภิปรายร่วมกันเพื่อ

ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

แนวทางการสอนนี้เกิดจากความเชื่อของฉันที่ว่า Learning by Doing หรือการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจะนั้นฉันจึงได้ออกแบบกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ของฉันให้มีกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมอย่างทั่วถึงทุกคนเริ่มตั้งแต่แผนแรกฉันได้มีการออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้สร้างแบบจำลองการเกิดของปฏิกิริยาเคมีเมื่อเวลาผ่านไปซึ่งจากกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้เห็นจากการทดลองว่าเมื่อปล่อยให้ปฏิกิริยาผ่านไปเกิดอะไรขึ้นบ้างเช่น เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกลดลงเป็นต้นจากนั้นนักเรียนก็นำเอาสิ่งที่ได้เรียนรู้นี้ไปสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นนักเรียนจะสามารถเข้าใจได้ว่าเกิดอะไรขึ้นบ้างเมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปและเราจะสามารถบอกได้อย่างไรว่าปฏิกิริยาใดเกิดได้ช้าหรือเร็วทั้งนี้ฉันจะได้สอดแทรกเข้าไปเพื่อนำเข้าสู่เรื่องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบต่างๆ จากแผนนี้ฉันพบว่านักเรียนยังไม่ประสบความสำเร็จมากเท่าที่ควรเพราะนักเรียนหลายคนที่ยังมีความรู้เดิมเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่คลาดเคลื่อนก็จะสร้างแบบจำลองออกมาผิดและเพื่อนที่ลงมือทำเห็นด้วยจึงทำให้นักเรียนเข้าใจผิดกันมากประกอบกับฉันเองที่ยังไม่แม่นเนื้อหามากพอในตอนนั้นทำให้ชี้จุดด้อยของแบบจำลองของนักเรียนได้อย่างไม่มั่นใจจึงทำให้แนวทางการสอนนี้ยังส่งผลไม่ชัดเจนแม้นักเรียนจะลงมือทำด้วยตนเองก็ตาม



ภาพที่ 40 กิจกรรมการทดลองในแนวทางที่ 5

แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้อื่นๆ เช่น แผนที่สองฉันได้ให้นักเรียนออกแบบจำลองที่แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยา $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$ โดยกำหนดให้รูปแบบจำลองเป็นแบบบทธาสมมติเท่านั้นพบว่านักเรียนแสดงบทธาสมมติที่หลากหลายคำตอบซึ่งฉันพบว่านักเรียนที่ทำกิจกรรมนี้ได้ทำทุกคนและทุกคนมีหน้าที่ของตนเองส่งผลให้เมื่อเวลานำเสนอเกือบทั้งห้องมีการอภิปรายร่วมกันว่าของใครถูกอย่างไรและผิดอย่างไรทำให้ฉันคิดว่าค่อนข้างประสบความสำเร็จเพราะนักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลองทางความคิดของตนเองที่เป็นแบบจำลองทางความคิดทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนยังได้รับความสนุกสนานทำกิจกรรมอีกด้วย



ภาพที่ 41 กิจกรรมบทบาทสมมติในแนวทางที่ 5

ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4 นั้นฉันได้ผลเช่นเดียวกับแผนที่สองคือนักเรียนสนุกกับกิจกรรมที่ได้ลงมือทำและเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดก็สนับสนุนได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาดีขึ้นเพราะมีแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์

6. แบบจำลองแสดงออกประเภทบทบาทสมมติทำให้นักเรียนสนุกกับการเรียนได้มากกว่าแบบภาพหรือแบบชิ้นงาน

แบบจำลองประเภทบทบาทสมมติเป็นแบบจำลองในลักษณะที่มีการขยับร่างกายให้เป็นสิ่งต่างๆหรือผู้คนตามสถานการณ์หรือเรื่องราวต่างๆที่นักเรียนสร้างแบบจำลองไว้ซึ่งฉันได้ให้นักเรียนแบบจำลองที่หลากหลายเช่นการวาดรูปการปั้นดินน้ำมัน การสร้างชิ้นงานและการทำบทบาทสมมติแต่พบว่านักเรียนมีสมาธิและสนุกกับการแสดงแบบจำลองประเภทบทบาทสมมติมากที่สุด

ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แผนแรกฉันได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกถึงแบบจำลองได้โดยอิสระนักเรียนจะสามารถออกแบบและสร้างแบบจำลองประเภทใดก็ได้แต่ผลที่ได้พบว่านักเรียนหลายคนหลายกลุ่มนำเสนอแบบจำลองออกมาในรูปแบบที่ต่างกันบางกลุ่มนำเสนอในรูปของภาพการ์ตูนบางกลุ่มนำเสนอออกมาในรูปของการเล่าเรื่องบางกลุ่มปั้นดินน้ำมันหรือสร้างเป็นชิ้นงานและบางกลุ่มแสดงบทบาทสมมติผลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้แรกฉันพบว่าสิ่งที่ให้นักเรียนมีอิสระในการเลือกรูปแบบของแบบจำลองเองเป็นสิ่งที่ดีเพราะนักเรียนจะสามารถแสดงออกได้ตามสิ่งที่เขาถนัดแต่ในแง่ของการวัดและประเมินผลการมีข้อมูลที่หลากหลายมากนั้นกลับทำให้ตัวฉันไม่สามารถที่จะวัดและประเมินผลนักเรียนได้อย่างถูกต้องว่าจริง ๆ แล้วนักเรียนเข้าใจหรือไม่เพราะด้วยความหลากหลายของแบบจำลองทำให้เกณฑ์ในการประเมินต้องกว้างมากเพื่อรองรับแบบจำลองทั้งหมดและยังค่อนข้างใช้เวลาในการคิดออกแบบและการสร้างค่อนข้างนานอีกด้วยกว่าที่นักเรียนจะค้นพบว่าอยากสร้างแบบจำลองออกมาในลักษณะใดในแผนการจัดการเรียนรู้อื่นๆ ต่อมาฉันได้ทดลองให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้นเช่นในแผนการเรียนรู้ที่ 2 ฉันให้นักเรียนแสดงแบบจำลองออกมาในรูปของบทบาทสมมติเพื่อแสดงการเกิดของปฏิกิริยาตามทฤษฎีการชน

จากการสังเกตการสอนและการสะท้อนความคิดของตัวเองฉันพบว่านักเรียนทั้งหมดทุกคนในห้องต่างสนุกกับกิจกรรมที่ฉันจัดเพราะทุกคนได้มีส่วนร่วมตั้งแต่เลือกตัวแสดงการแสดงให้ดูสมจริง การอธิบายทุกคนล้วนมีหน้าที่ของตนเองและสนุกที่ได้ทำนอกจากนี้เมื่อฉันได้พิจารณาจากอนุทินของนักเรียนแล้วพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ชื่นชอบการนำเสนอแบบจำลองประเภทบทบาทสมมติเป็นอย่างมากด้วยเหตุผลที่ฉันได้กล่าวไปแล้วแผนต่อมาฉันได้ลองนำเอาแบบจำลองในรูปแบบอื่นๆ เช่นการวาดภาพและการอธิบายไปให้นักเรียนทำแม้จะให้ผลดีเช่นกัน แต่ฉันสังเกตได้ว่ามีนักเรียนหลายคนที่ไม่แสดงออกถึงความเบื่อหน่ายเพราะเขาเองอาจพูดไม่เก่งหรือไม่ถนัดในการวาดรูปจึงทำให้พวกเขาไม่ได้สนุกไปกับกิจกรรมเท่าที่ควรในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 นี้แม้ว่านักเรียนจะมีความสุขและสนุกกับกิจกรรมแต่นักเรียนส่วนใหญ่ก็ยังคงมีแบบจำลองทางความคิดที่ต้องสมบูรณ์โดยพิจารณาจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดในเรื่องของทฤษฎีการชนที่มีนักเรียนอยู่ในกลุ่ม 1 ร้อยละ 36

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการการวิจัยพบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ก่อนที่จะเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ (แนวคิด) อันได้แก่ปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาดูดและคายความร้อนพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีและกระบวนการที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยาเคมีและจัดกลุ่มแนวคิดได้เป็น 4 กลุ่มคือแนวคิดถูกต้อง แนวคิดถูกต้องบางส่วนแนวคิดไม่ถูกต้อง และไม่มีแนวคิดพบว่าในหัวข้อปฏิกิริยาเคมีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนนั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจว่าปฏิกิริยาเคมีคืออะไรแม้นักเรียนจะทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีคืออะไร (พิจารณาจากบันทึกหลังการสอนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมที่ฉันสอน) แต่นักเรียนกลับไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดปฏิกิริยาเคมีกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีนั้นหมายความว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงระดับมหภาค (การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเช่น ไฟไหม้ สนิม) กับการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาค (ปฏิกิริยาเคมีเช่น กรดทำปฏิกิริยากับเบสโลหะทำปฏิกิริยากับกรด) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ayas and Demirbas (1997) ที่พบว่านักเรียนในกลุ่มตัวอย่างของเขาเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพแต่ไม่สามารถอธิบายการเกิดของปฏิกิริยาเคมีได้ และในหัวข้อพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานั้นนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนด้วยเหตุผลที่กล่าวมาได้ว่ามีพลังงานมาเกี่ยวข้องแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าพลังงานใดบ้างนั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนรู้ว่าการที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้นั้นจำเป็นต้องมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องแต่นักเรียนอาจไม่มั่นใจว่ามันคือพลังงานอะไรบ้างประกอบกับพลังงานที่นักเรียนรู้จักส่วนใหญ่จะเป็นในเชิงฟิสิกส์เช่น พลังงานศักย์ พลังงานจลน์พลังงานไฟฟ้าสถิต เป็นต้นโดยที่นักเรียนหลายคนอาจไม่ทราบว่าพลังงานจลน์ก็เกี่ยวข้องกับทางเคมีได้ด้วยเหมือนกัน เป็นต้น

ในส่วนหัวข้อการดูด-คายความร้อนและกระบวนการเกิดปฏิกิริยานั้นนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์อยู่กลุ่มแนวคิดที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องแสดงว่าเรื่องนี้ก็เป็นอีกหนึ่งเรื่องน่าสนใจเพราะนักเรียนที่ตอบนั้นคนที่ตอบถูกสามารถบอกได้ต้องพิจารณาผลต่างพลังที่ใช้ในการดูดและคายพลังงานแต่นักเรียนตอบผิดอยู่ในกลุ่มแนวคิดไม่ถูกต้องนั้นเกือบทั้งหมดตอบว่าเป็นการคายพลังงานด้วยเหตุผลว่านักเรียนมีความเชื่อ (ความจำ) ที่ฝังใจว่า ดูด-สลายคาย-สร้างและจากปฏิกิริยาที่ให้นักเรียนก็ตีความว่ามีการสร้างเท่านั้นแต่ไม่ได้มีการสร้างแต่อย่างใดซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเรียนเรื่องการดูดและคายพลังงานมาด้วยการท่องจำแต่ไม่ได้เข้าใจว่าการดูดพลังงานดูดไปสลายนั้นสลายอะไรและสลายทำไปขณะเดียวกันก็ไม่ได้เข้าใจว่าคายเพื่อสร้างนั้นสร้างอะไรและสร้างเพื่ออะไรจึงส่งผลให้นักเรียนตอบเช่นนั้นนั่นเอง

หัวข้อสุดท้ายคือกระบวนการเกิดปฏิกิริยาในการสร้างคำตอบเจลยนั้นฉันตั้งใจที่จะเจลยเพียงแค่ 2 ขั้นตอนคือขั้นการสลายพันธะและการสร้างพันธะแต่หากนักเรียนจะตอบมาเกินกว่านี้แต่เขียนมีเหตุมีผลฉันก็จะให้คะแนนผลปรากฏว่านักเรียนที่ตอบถูกอยู่กลุ่มแนวคิดถูกต้องนั้นตอบว่ามี 2 กระบวนการดังที่ฉันได้เจลยและเป็นเด็กส่วนใหญ่ของนักเรียนทั้งหมดแต่ที่น่าสงสัยคือนักเรียนกลุ่มแนวคิดไม่ถูกต้องนั้นจะตอบเกินกว่าที่ฉันเจลยแต่ไม่ได้ให้คำอธิบายมาใดๆ เช่น กระบวนการยึดเหนี่ยวในพันธะกระบวนการไอออนในเซชัน เป็นต้นเหล่านี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้อาจไม่ได้เข้าใจตั้งแต่ปฏิกิริยาเคมีแล้วว่าเป็นอะไรและมีพลังงานที่เกี่ยวข้องไหม และเกี่ยวข้องอย่างไรจึงไม่อาจบอกว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่พบว่านักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสร้างพันธะของสารขณะเกิดปฏิกิริยาเคมี (Boo, 1988)

ผลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและแบ่งกลุ่มได้ออกเป็น 4 กลุ่มนั้น (แบบจำลองทางความคิดถูกต้อง สมบูรณ์แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งและแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์) พบว่าหัวข้อย่อยที่นักเรียนเข้าใจมากที่สุดหรืออยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์มากที่สุดคือหัวข้อย่อยปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: พื้นที่ผิวและอุณหภูมิทั้งนี้การที่นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาเรื่องนี้ได้ดีนั้นฉันคิดว่าประการแรกเนื้อหาเรื่องนี้ฉันได้จัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้สังเกตเห็นด้วยตาตนเองว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวและอุณหภูมิส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้นที่ได้กล่าวมานี้ล้วนเห็นได้ชัดเจนและประการที่สองในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องนี้ฉันได้มีการปรับปรุงและพัฒนาแผนมาจากแผนก่อนหน้านี้ด้วยเมื่อนักเรียนได้สังเกตด้วยตาของตนเองแล้วและยังได้ดูวีดิทัศน์สรุปและอภิปรายคลิปร่วมกันอีกในห้องฉันจึงคิดว่านักเรียนจะมารอดเข้าใจได้ง่ายขึ้นส่งผลให้มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากขึ้นนั่นเอง

ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นเป็นในส่วนของเนื้อหาเรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเนื้อหานี้เป็นเนื้อหาแรกสุดที่ฉันทำวิจัยและเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ฉันใส่กิจกรรมเข้าไปให้มากที่สุดแต่กลับพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบต่างๆ ได้ซึ่งได้หลายหมายความว่านักเรียนอาจจะเข้าใจในนิยามของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็ได้เพราะฉันได้มีการนำนักเรียนเข้าบทเรียนด้วยการให้นักเรียนรู้จักกับคำว่าอัตราก่อนแล้วจึงเข้าสู่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ทั้งนี้ก็อาจเป็นเพราะการที่ฉันนำเอาอัตราหลายๆ แบบมาให้ให้นักเรียนพิจารณานั้นอาจเป็นดาบสองคมที่ทำให้นักเรียนเกิด

ความสับสนจนทำให้จากที่เข้าเป็นไม่เข้าใจก็เป็นได้และนอกจากนี้อาจเกิดจากการที่ตัวอย่างที่ฉันยกนั้นนักเรียนอาจไม่เคยมีประสบการณ์ร่วมมาก่อนก็เป็นได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาตรี ฝ่ายคำตา (2549) ที่พบว่าการศึกษาที่นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานในเรื่องที่จะเรียนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่มีแนวคิดได้ แต่ที่นักเรียนยังมีแนวคิดไม่ถูกต้องอย่างถ้วนทั่วก็คือนักเรียนไม่ได้คิดอัตราส่วนโมลเข้าไปด้วยขณะที่คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาทำให้ค่านี้เป็นเพียงอัตราการลดหรือเพิ่มของสารตัวนั้นๆเท่านั้นไม่ได้เป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาแต่อย่างใดทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวของฉันเองที่ขณะสอนไม่ได้เน้นย้ำจากกราฟให้นักเรียนเห็นภาพอย่างชัดเจนว่าสัดส่วนโมลมีผลต่ออัตราหากเพียงอธิบายและเขียนสมการร่วมกันเพียงอย่างเดียว

จากผลแนวทางการสอนอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นการใช้วีดิทัศน์รูปภาพหรือหยิบยกเหตุการณ์ที่นักเรียนสนใจหรือเกี่ยวข้องกับนักเรียนจะทำให้เกิดนักเรียนเกิดความสนใจและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้จากแนวทางในข้อนี้จะเห็นว่านักเรียนเมื่อได้อยู่กับสิ่งที่เขาสนใจหรือเป็นส่วนหนึ่งด้วยก็จะทำให้นักเรียนสามารถที่เรียนได้อย่างตั้งใจและเข้าใจได้เร็วขึ้นและการใช้การ์ตูนแอนิเมชันที่มีการแสดงปรากฏการณ์ระดับมหภาคและระดับจุลภาคด้วยแล้วนักเรียนจะสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Knoblauch *et al.* (2006) ที่กล่าวว่าการศึกษาที่มีการนำเอาวีดิทัศน์เข้ามาใช้ในการเรียนด้วยนั้นวีดิทัศน์จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น และงานวิจัยของ Harrison and De Jong (2005) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้แบบจำลองกับเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมร่วมการใช้แบบจำลองที่มีการอุปมาที่หลากหลายจะทำให้เกิดนักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น มีความสนุกสนาน และมีความสนใจในการเรียน

การให้เวลาในการวางแผนการทดลองพร้อมทั้งนำเสนอร่วมกันในห้องจะทำให้เกิดนักเรียนทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วโดยปกติก่อนการทำการทดลองทุกครั้งมักจะมีการสรุปรวมเกี่ยวกับการทดลองนั้นๆก่อนเสมอที่เรียกว่าการสรุปการทดลองก่อนทำ (Brief lab) เพื่อให้ผู้ทำการทดลองเข้าใจว่าจะต้องทำอะไรและทำเพื่ออะไรแต่ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของฉันฉันให้นักเรียนออกแบบการทดลองเองตั้งแต่แรกอยู่แล้วฉะนั้นการทดลองของแต่ละกลุ่มก็就会有ความแตกต่างกันออกไปมากขึ้นกับการไปศึกษาเพิ่มเติมฉะนั้นการสรุปการทดลองก่อนทำอาจเป็นกิจกรรมที่ทำได้ยากในห้องฉันได้ใช้แนวทางการสอนนี้ตั้งแต่แผนแรกเลยเพียงว่ามีลักษณะต่างหากที่การนำเสนอการนำเสนอร่วมกันในห้องทำให้ประหยัดเวลาและให้ประสิทธิภาพในผลการทดลองของนักเรียนได้มากกว่าเนื่องจากในตอนแผนแรกๆนั้นฉันให้แต่ละกลุ่มนำเสนอกับฉันเป็นรายกลุ่มแต่เนื่องจากฉันเป็นครูที่ต้องดูแลนักเรียนหลายกลุ่มทำให้เสียเวลามากกับการไปฟังแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนการทดลองของตนเองจึงทำให้บางประเด็น

ที่ควรถามฉันไม่มีเวลาให้ถามเนื่องจากเกรงว่าจะไม่มีเวลาให้นักเรียนทำการทดลองแต่เมื่อฉันได้ปรับเปลี่ยนแผนการเรียนรู้ใหม่ให้มีการนำเสนอหน้าห้องที่เดียวและแต่ละกลุ่มก็ออกมานำเสนอกลุ่มไหนที่ทำเหมือนกันหรือคล้ายๆกันก็รวมเป็นกลุ่มนำเสนอกลุ่มที่ใหญ่ขึ้น (แต่ตอนทำการทดลองก็แยกกันเหมือนเดิม) การทำเช่นนี้จะทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆในห้องได้เห็นและเข้าใจวิธีการทำการทดลองของเพื่อนเพื่อนจะสามารถชี้จุดแข็งจุดอ่อนของวิธีที่เพื่อนนำเสนอได้ร่วมกับครูผู้สอนที่จะเป็นผู้คอยดึงให้ประเด็นอยู่ที่แผนการทดลองอยู่เสมอๆ

การจัดการเรียนรู้โดยลำดับจากนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามนักเรียนค้นหาคำตอบนักเรียนสร้างแบบจำลองนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองและนักเรียนปรับปรุงแบบจำลองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้โดยปกติแล้วการสอนโดยทั่วไปมักมี 3 ขั้นตอนหลักๆคือขั้นนำเข้าสู่บทเรียนขั้นสอน และขั้นสรุปและประเมินผลแต่ในงานวิจัยของฉันทันได้ใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นหลักแล้วสอดแทรกการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้ขั้นตอนการสอนของฉันทันสามารถแบ่งออกไปได้อีกแต่หลักๆแล้วยังคงเริ่มต้นด้วยขั้นนำเข้าสู่บทเรียนเช่นเดิมแล้วขั้นการสอนของฉันทันจะได้มาจากขั้นนำคือนักเรียนจะได้ปัญหาอย่างน้อย 1 ข้อที่ครูแนะนำให้เกิดเป็นปัญหาหรือปัญหาที่เกิดจากนักเรียนเองก็ตามแต่ (ปัญหาที่จะนำเข้าสู่บทเรียน) การทำให้ปัญหาเข้าไปสู่บทเรียนนั้นจะทำให้เกิดเป็นเรื่องราวเกิดขึ้นและนักเรียนจะเกิดความต้องการที่จะหาคำตอบเพื่อมาแก้ไขปัญหาที่สงสัยนั้นแต่ฉันทันได้วางแผนต่อโดยเมื่อนักเรียนได้ปัญหาที่สงสัยแล้วและทำการทดลองเพื่อหาคำตอบคำตอบที่ได้จะไม่ใช่แค่เพียงการพูดเล่าเรื่องแต่จะเป็นการสร้างคำตอบออกมาในรูปแบบของแบบจำลองเพื่อในครูผู้สอนและเพื่อนในห้องได้เห็นว่าการเรียนเข้าใจสิ่งที่เรียนว่าอย่างไรจึงได้คำตอบเช่นนี้ซึ่งครูและเพื่อนก็จะเป็นคนที่ช่วยปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองที่คลาดเคลื่อนไปจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยการถามคำถามแล้วให้ใช้แบบจำลองอธิบายนั่นเองการเรียนลำดับการจัดการเรียนรู้เช่นนี้สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดในหัวของนักเรียนนั้นเราไม่อาจเห็นได้หากนักเรียนไม่แสดงออกมาการสร้างแบบจำลองก็เป็นวิธีการหนึ่งในการล้วงเอาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนออกมาแล้วก็เป็นหน้าที่ต่อไปของครูและเพื่อนในชั้นเรียนที่พิจารณาและแก้ไขแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนนั้นซึ่งจุดนี้เป็นสิ่งที่สำคัญมากเนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ของฉันทันเชื่อว่าแบบจำลองของตนเองนั้นไม่ได้มีจุดอ่อนอะไรการอภิปรายร่วมกันถึงข้อดีข้อด้อยของแบบจำลองจึงจำเป็นอย่างมากซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chittleborough *et al.* (2004) และ Grosslight *et al.* (1991) ที่พบว่านักเรียนจำนวนหนึ่งที่เข้าใจว่าแบบจำลองจะไม่มีเปลี่ยนแปลงและการอธิบายปรากฏการณ์นั้นแบบจำลองเพียงอันเดียวก็สามารถอธิบายได้

การใช้คำถามที่ทำหยาการตอบคำถามด้วยคำถามและการอภิปรายคำถามและคำตอบของนักเรียนร่วมกันในห้องสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้โดยปกติแล้วเมื่อเราถามคำถามที่สงสัยกับครูผู้สอนเราก็จะได้รับคำตอบนั้นกลับมาเลยทันทีและเมื่อเวลาผ่านไปเราก็จะสงสัยในคำถามเดิมอีกและถามอีกทั้งนี้เนื่องจากเราเองไม่ได้คิดหาคำตอบนั้นด้วยตนเองแต่รับรู้จากการบอกกล่าวของผู้อื่นความรู้ที่เกิดจากการสร้างของเราเองนั้นจะคงทนและถาวรกว่ามากฉะนั้นการตอบคำถามด้วยคำถามหรือการใช้คำถามที่ทำหยากระตุ้นอารมณ์ของนักเรียนนั้นย่อมทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ร่วมกับคำถาม-คำตอบนั้นทำให้นักเรียนเข้าใจคำตอบอย่างถ่องแท้และจำได้ยาวนานกว่านั่นเอง

การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างหรือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้เกิดประสบการณ์ด้วยตนเองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้จากทฤษฎีเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by Doing) การที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองย่อมทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ง่ายกว่าและเข้าใจได้มากกว่าจึงส่งผลให้แบบจำลองแสดงออกประเภทบทบาทสมมติทำให้นักเรียนสนุกกับการเรียนได้มากกว่าแบบภาพหรือแบบชิ้นงานด้วยนั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Harrison and De Jong (2005) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเข้าช่วยจะทำให้นักเรียนสนุกและมีความสนใจในการเรียนเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การจัดประสบการณ์ที่ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัตินั้นยังเป็นการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ให้นักเรียนไปในตัวอีกด้วยจึงสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chiu and Lin (2007) ที่พบว่าสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำถามงานวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไรเมื่อได้เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ฉันจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างไรด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รูปแบบงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ใช้รูปแบบวิจัยแบบปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) มีการใช้วงจรการทำวิจัยแบบ PAOR (Plan - Act - Observe - Reflect) คือ มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับเนื้อหาที่จะทำวิจัย จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา ขณะเดียวกันที่มีการใช้แผนการวิจัยนั้นก็ได้มีการสังเกตและเก็บข้อมูลการวิจัยไปพร้อมๆ กันอีกด้วย เมื่อแผนการจัดการเรียนรู้จบลง 1 แผน (1 แผนคือ 1 วงจร) ก็ได้มีการสะท้อนความคิดเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ใช้จัดการเรียนรู้ไป เพื่อวิเคราะห์

จุดเด่น จุดด้อย ปัญหา อุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะที่จะนำไปปรับใช้ในแผนถัดไปหรือวงจรถัดไป ในแต่ละแผนฉันจะได้ข้อมูลที่เป็นทั้งแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจากผลที่ได้ในแต่ละวงจรนอกจากจะเป็นข้อมูลที่น่าไปใช้เพื่อปรับปรุงแผนถัดไปแล้วยังได้มีการนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์รวมเป็นแนวทางการจัดการเรียนที่เป็นกลุ่มใหญ่ๆ ที่รวมเอาแนวทางจากแต่ละแผนมาวิเคราะห์รวมกัน ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 2 (ในบทที่ 3)

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสหขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 เป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ห้องเรียนนักเรียนทั้งหมดมี 28 คนเป็นนักเรียนชายจำนวน 16 คนเป็นนักเรียนหญิงจำนวน 12 คนและทั้งหมดเป็นนักเรียนที่ได้รับการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อจะได้ทราบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบวัดนี้มีทั้งหมด 7 ข้อได้แก่ ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณ 1 ข้อ ทฤษฎีการชนของอนุภาค 1 ข้อ ปฏิกิริยาดูด-คายความร้อน 1 ข้อ พลังงานก่อกัมมันต์ 1 ข้อ ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 1 ข้อ พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น 1 ข้อ อุณหภูมิ 1 ข้อ)

2. บันทึกหลังการสอนของฉันซึ่งการบันทึกหลังการสอนของฉันจะได้ข้อมูลจากการสังเกตของฉันเองในห้องเรียนการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียนจากเครื่องบันทึกเสียงโดยการบันทึกหลังการสอนจะบันทึกข้อมูลต่อไปในสิ่งที่เกิดขึ้นและการสะท้อนความคิดจากกิจกรรมการเรียนการสอนตั้งแต่ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนขั้นสอน และขั้นสรุปการควบคุมชั้นเรียนและการให้ความร่วมมือในกิจกรรมต่างๆ ของนักเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือจากภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่ฉันจะทำวิจัย
2. เข้าไปทำความรู้จักและสร้างความคุ้นเคยแก่นักเรียนก่อนที่จะทำการวิจัยเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน
3. ทำการวัดแนวคิดที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนทั้งหมดก่อนที่จะทำการสอนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
4. สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนและการสอนของตัวฉันเองการสอนและทำกิจกรรมภายในห้องเรียนใช้เวลาทั้งสิ้น 4 สัปดาห์
5. ทำการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนทั้งหมดในการวิจัยเมื่อสิ้นสุดหน่วยการเรียนการสอนนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการวิจัยมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพฉันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณฉันวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยคำนวณหาค่าร้อยละ
2. ข้อมูลเชิงคุณภาพฉันเก็บข้อมูลหลังจากที่ได้จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเรียบร้อยแล้วสำหรับวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นใช้ 3 วิธีคือ 1) การจำแนกประเภทข้อมูลจำแนกตามลักษณะของข้อมูลแล้วพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูล 2) การเปรียบเทียบข้อมูลจากข้อมูลของแต่ละกลุ่มแบบจำลองทางความคิดเพื่อหาความเหมือนและความต่างของข้อมูล 3) การสร้างของสรุปฉันสร้างข้อสรุปที่ได้จากข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนบันทึกการสอนของฉันบันทึกและใบงานของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลฉันได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามคำถามวิจัยดังนี้

คำถามวิจัยข้อที่ 1 (นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไรเมื่อได้เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน) ฉันได้แบ่งกลุ่มคำตอบของนักเรียนซึ่งได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดออก 4 กลุ่มคือ 1) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์นักเรียนในกลุ่มสามารถแสดงแบบจำลองได้ถูกต้องและมีคำอธิบายที่ถูกต้องครบถ้วน 2) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนนักเรียนในกลุ่มนี้มีลักษณะคือแสดงแบบจำลองได้ถูกต้องแต่คำอธิบายนั้นยังไม่ครบถ้วนหรือมีบางจุดที่คลาดเคลื่อนไปบ้าง 3) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งในส่วนของกลุ่มนี้นักเรียนจะแสดงแบบจำลองถูกต้องแต่คำอธิบายคลาดเคลื่อนทั้งหมดหรือไม่ถูกต้องไปเลยหรืออาจจะมีคำอธิบายที่ถูกต้องแต่แสดงแบบจำลองไม่ชัดเจนคลาดเคลื่อน หรือไม่ถูกต้อง 4) กลุ่มแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องสมบูรณ์กลุ่มนี้นักเรียนจะแสดงแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องคลาดเคลื่อนหรือไม่แสดงแบบจำลองและมีคำอธิบายที่ไม่ถูกต้องคลาดเคลื่อนหรือไม่แสดงคำอธิบาย

คำถามวิจัยข้อที่ 2 (ฉันจะพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างไรด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน) จากบันทึกหลังการสอนของฉันร่วมกับอาจารย์พี่เลี้ยงและอนุทินของนักเรียนฉันวิเคราะห์โดยฉันนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังการสอนมาทำการแยกประเด็นย่อยๆ ในบันทึกหลังการสอนนั้น และเมื่อฉันแยกประเด็นย่อยๆ แล้วฉันได้มีการจัดกลุ่มใหญ่โดยพิจารณาจากกลุ่มย่อยของบันทึกหลังการสอนทุกคาบเพื่อรวมเป็นประเด็นใหญ่ จากนั้นพิจารณาร่วมกับอนุทินของนักเรียนและแบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนว่านักเรียนเข้าใจในเนื้อหาอื่นๆ โดยรวมเป็นอย่างไรแล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ฉันจับกลุ่มไว้แล้วว่าสอดคล้องกันหรือไม่

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแบบจำลองทางความคิดในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลได้ดังนี้

1. แนวคิดที่จำเป็นของนักเรียนก่อนเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในเรื่องการดู-คายความร้อนนั้นนักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ในสองกลุ่มที่เท่าๆกัน คือมีแนวคิดที่ถูกต้องและมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องร้อยละ 39 ส่วนเรื่องพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาพบว่านักเรียน

ส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 64 อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วนและสุดท้ายแนวคิดเรื่องกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ถึงร้อยละ 43

2. ได้กลุ่มออกมาเป็น 4 กลุ่มได้แก่แบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งและแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์และแบ่งตามหัวข้อย่อยอันได้แก่ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ทฤษฎีการชนกันของอนุภาคและทฤษฎีสารเชิงซ้อนก่อนกัมมันต์) พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความเข้มข้นพื้นที่ผิวสัมผัส และอุณหภูมิ)

หัวข้อความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61) ที่อยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนโดยมีกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 11 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งร้อยละ 7 และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 21

หัวข้อแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 36) อยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์คือนักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีการชนมาอธิบายการเกิดของสารผลิตภัณฑ์ได้และมีการสร้างแบบจำลอง (วาดรูป) อธิบายได้ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยมีกลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนร้อยละ 21 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งร้อยละ 32 และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 11

หัวข้อพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 39) อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแสดงลักษณะของโมเลกุล ณ ช่วงเวลาและช่วงระดับพลังงานได้ถูกต้องรวมทั้งได้มีการอธิบายเหตุถูกต้องด้วยโดยมีกลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนร้อยละ 25 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งร้อยละ 21 และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 14

หัวข้อพลังงานก่อกัมมันต์นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดอยู่กลุ่มที่ 1 นั่นคือกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์มีถึงร้อยละ 61 โดยมีกลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนร้อยละ 11 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งร้อยละ 14 และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 14

หัวข้อปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ความเข้มข้นพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่าความเข้มข้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีถึงร้อยละ 43 โดยมีกลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนร้อยละ 25 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งร้อยละ 7 และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 21

หัวข้อปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: พื้นที่ผิวพบว่าหัวข้อนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 64 อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่าในสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งเมื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้นเสมือนเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการชนของสารตั้งต้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นโดยมีกลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนร้อยละ 11 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งร้อยละ 18 และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 7

หัวข้อปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: อุณหภูมิพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 64 อยู่ในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์โดยนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง (วาดรูป) ในระดับโมเลกุลที่แสดงความแตกต่างของการเกิดปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิต่างๆกันได้พร้อมทั้งอธิบายไปถึงพลังงานจลน์ได้โดยมีกลุ่มแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ถูกต้องบางส่วนร้อยละ 18 กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งร้อยละ 11 และกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 7

3. แนวทางการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1) การใช้วีดิทัศน์ที่แสดงให้การเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคและจุลภาคผ่านการอุปมา ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การใช้วีดิทัศน์ที่แสดงให้การเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคและจุลภาคผ่านการอุปมาเป็นการเชื่อมความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงในระดับที่นักเรียนมองเห็นกับการเปลี่ยนแปลง

ในระดับที่นักเรียนมองไม่เห็นผ่านวิธีทัศน์ที่เป็นแอนิเมชันซึ่งนักเรียนมีความชื่นชอบตามวัยอยู่แล้ว เมื่อนักเรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงทั้งสองระดับนักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทั้งสองระดับได้ และนำความสัมพันธ์นั้นไปปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

2) ใช้เวลาในการวางแผนการทดลองในเรื่องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาดูด-คายความร้อน และปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พร้อมทั้งนำเสนอร่วมกันในห้องจะทำให้ให้นักเรียนทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ในขั้นตอนการค้นหาคำตอบของนักเรียนนั้นในหลายแผนการจัดการเรียนรู้ (3 แผน) จึงได้ให้นักเรียนทำการทดลองและทุกครั้งที่ทำการทดลองฉันจะให้ให้นักเรียนเป็นผู้ที่ออกแบบการทดลองเองว่านักเรียนต้องการหาคำตอบด้วยการทดลองแบบใดแล้วจึงนำแผนการทดลองของแต่ละกลุ่มมานำเสนอหน้าห้องเพื่อทำการอภิปรายถึงวัตถุประสงค์ตัวแปรต่างๆ และวิธีการเก็บข้อมูลร่วมกันทำให้นักเรียนได้เห็นถึงจุดเด่นและจุดด้อยของแผนการทดลองของกลุ่มตนเอง และมีการปรับแผนการทดลองของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3) การจัดการเรียนรู้โดยลำดับจากนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามนักเรียนค้นหาคำตอบ นักเรียนสร้างแบบจำลองนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองและนักเรียนปรับปรุงแบบจำลองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Inquiry) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการผสมผสานระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) ฉะนั้นการจัดการเรียนรู้เช่นนี้จึงไม่ได้มีขั้นตอนการสอนที่ระบุไว้อย่างชัดเจนให้ปฏิบัติตามฉันจึงได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการสร้างความสงสัยและให้นักเรียนหาคำตอบโดยปรับร่วมกับการใช้แบบจำลองมาอธิบายคำตอบของนักเรียนและมีการปรับปรุงหรือตีกลับแบบจำลองเพื่อเป็นการปรับหรือเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจึงทำให้นักเรียนทราบความเข้าใจของตนเองและปรับให้เป็นความเข้าใจที่ถูกต้องจึงสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

4) การใช้คำถามที่ท้าทายการตอบคำถามด้วยคำถามและการถามซ้ำใช้ไล่เรียงเมื่อใช้ร่วมกันแล้วสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ โดยปกติแล้วเมื่อมีการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแล้วนักเรียนจะเป็นผู้ที่คิดและเข้าใจได้ด้วยตนเองโดยที่ครูจะเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือหรือให้คำปรึกษาเท่านั้นฉันเองยึดในความเชื่อนี้เช่นกันฉะนั้นเมื่อนักเรียน

สงสัยและถามฉันมักจะตอบคำถามนั้นของนักเรียนด้วยคำถาม ถามซ้ำๆ ไล่เรียงแล้วจากนั้นก็จะมี การพูดให้คนทั้งห้องช่วยตอบและช่วยกันอภิปรายว่าคำตอบนั้นของเพื่อนนักเรียนถูกต้องหรือไม่หรือคำถามนั้นมีใครที่จะช่วยอธิบายได้หรือไม่อย่างไรและนอกการการตอบคำถามด้วยคำถามแล้วการถามด้วยคำถามที่ทำให้ทำให้นักเรียนอยากตอบ (เช่น จริงหรือไม่ ใช่หรือเปล่า ควรพิจารณาให้ดีกว่านี้ก่อนที่กล่าวมานี้พิจารณาดีแล้วใช่ไหมจะตอบเลยไหมหรือกลับไปคิดก่อนเป็นต้น) ก็ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะทราบคำตอบหรือต้องการที่จะตรวจสอบเพื่อยืนยันคำตอบของตนเอง จนนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดในเรื่องอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เช่นกัน

5) การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างหรือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้เกิดประสบการณ์ด้วยตนเองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ การจัดการเรียนรู้ของฉันทุกแผนการจัดการเรียนรู้จะมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองไม่ว่าจะเป็น การทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของคำถามที่นักเรียนสงสัย (เป็นทั้งการตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดของตนเองจากในขั้นนำ หรือสร้างแบบจำลองทางความคิดของคำตอบนั้นๆ)การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายคำตอบของตนเอง (เป็นการตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดของตนเองผ่านการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อน)เหล่านี้นักเรียนจะเกิด กระบวนการคิดและลงมือปฏิบัติโดยนักเรียนจะแสดงความเข้าใจของตนเอง (แบบจำลองทางความคิดของตนเอง) ออกมาให้คนอื่นทราบและอภิปรายร่วมกันเพื่อปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

6) แบบจำลองแสดงออกประเภทบทบาทสมมติทำให้นักเรียนสนุกกับการเรียนรู้ได้มากกว่าแบบภาพหรือแบบชิ้นงาน แบบจำลองประเภทบทบาทสมมติเป็นแบบจำลองในลักษณะที่มีการขยับร่างกายให้เป็นสิ่งต่างๆหรือผู้คนตามสถานการณ์หรือเรื่องราวต่างๆที่นักเรียนสร้างแบบจำลองไว้ซึ่งฉันได้ให้นักเรียนแบบจำลองที่หลากหลายเช่นการวาดรูปการปั้นดินน้ำมัน การสร้างชิ้นงานและการทำบทบาทสมมติแต่พบว่านักเรียนมีสมาธิและสนุกกับการแสดงแบบจำลองประเภทบทบาทสมมติมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการสอนนักเรียนในเนื้อหามีความเป็นนามธรรมที่นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคได้ ครูสามารถเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคกับจุลภาคได้โดยใช้วิธีทัศน์ที่แสดงให้การเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคภาคและจุลภาคผ่านการอุปมาจะทำให้ นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องนั้นได้ง่ายขึ้น เนื่องจากนักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ตัวอย่างของเนื้อหาที่มีลักษณะนี้ เช่น กรด-เบส สมดุลเคมี และไฟฟ้าเคมี เป็นต้น

2. กระบวนการสอนที่นักเรียนได้ทำการทดลองนั้น หากครูผู้สอนให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลองเพื่อตอบสมมติฐานของตนเองนั้นนักเรียนจะเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ดี แต่การทำการทดลองที่นักเรียนออกแบบการทดลองและลงมือปฏิบัติเองนั้นเป็นวิธีการสอนที่ค่อนข้างใช้เวลาและนักเรียนอาจเกิดความผิดพลาดได้สูง ครูจึงต้องคอยถามและให้คำปรึกษาอยู่บ่อยๆ จึงทำให้ใช้เวลาในการสอนนาน จากงานวิจัยนี้ฉันได้มีการให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองเองเช่นกันและได้มีการให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอว่ากลุ่มของตนออกแบบการทดลองอย่างไร ใช้อุปกรณ์ใด มีขั้นตอนหรือวิธีการอย่างไร จากนั้นให้เพื่อนนักเรียนในห้องกลุ่มอื่นๆ ได้สอบถามและมีการอภิปรายกันถึงวิธีนั้นๆ ว่ามีจุดเด่นจุดด้อยอะไรบ้างเพื่อปรับให้การทดลองที่นักเรียนออกแบบนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด พบว่านักเรียนสามารถที่จะทำการทดลองได้รวดเร็วขึ้นและผลที่ได้มีคุณภาพคือสามารถอธิบายได้ว่าผลที่ได้ นั้นเกิดขึ้นจากสิ่งใดในการทดลอง เนื้อหาวิชาที่เหมาะสมกับแนวทางการจัดการเรียนในข้อนี้ควรเป็นเนื้อหาที่มีการทดลองไม่ซับซ้อนเช่น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กรด-เบส เป็นต้น

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ค่อนข้างชัดเจนในหลายๆ งานวิจัย ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยลำดับจากนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถาม ซึ่งครูอาจมีการหยิบยกเอาประเด็นที่น่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือนักเรียนมีส่วนร่วมอยู่ หรือแม้แต่อาจมีการนำเอารูปภาพ วิดีทัศน์ต่างๆ มาให้นักเรียนดูและเกิดคำถาม ข้อสงสัย ทั้งนี้ครูอาจเป็นผู้ที่ชี้ให้เห็นประเด็นจนเกิดเป็นข้อสงสัยก็ได้ จากนั้นให้เวลานักเรียนในการค้นหาคำตอบของสิ่งที่นักเรียนสงสัย เมื่อนักเรียนได้คำตอบแล้วจึงให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายคำตอบของตนเอง แล้วจึงนำแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียน และหา

กว่าแบบจำลองที่นักเรียนนำมาอธิบายนั้นยังไม่สามารถอธิบายได้ทั้งหมดหรือยังมีส่วนใดที่บกพร่องไป ครูก็ให้เวลานักเรียนในการปรับปรุงแบบจำลอง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ฉันนำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ฉันใช้แบบจำลองแสดงของนักเรียนประเภทการพูดอธิบาย การวาดภาพ บทบาทสมมติ และการเขียน ซึ่งสิ่งที่ได้นั้นพบว่าในบางเนื้อหาย่อยเช่น ทฤษฎีการชน นักเรียนส่วนใหญ่แม้จะมีแบบจำลองทางความคิดในเรื่องนี้อยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องสมบูรณ์ แต่ก็ยังมีอีกไม่น้อยที่อยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดถูกต้องหรือสมบูรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งๆ ที่ในขณะที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องนี้นักเรียนทุกคนในห้องได้มีโอกาสแสดงบทบาทสมมติและมีการอธิบายร่วมกับการอภิปรายกับเพื่อนในห้องแล้วค่อนข้างดี แต่เมื่อผลจากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดออกมา ก็พบว่ายังมีนักเรียนหลายคนที่ไม่ได้เข้าใจดังที่แสดงในห้องเรียนขณะทำกิจกรรม ฉันจึงเกิดความสงสัยว่าแท้จริงแล้วนักเรียนมีความเข้าใจหรือไม่ หากเรามีการวิจัยที่สามารถยืนยันผลได้แน่ชัดว่าแบบจำลองแสดงออกที่วัดได้นั้นเป็นตัวแทนของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจริงๆ ก็จะทำให้งานวิจัยมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

2. การพัฒนาเครื่องมือในการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะนักเรียนแต่ละคนมีลักษณะที่แตกต่างกันบ้างอาจชอบแสดงแบบจำลองทางการพูด บ้างแสดงออกทางการเขียน บ้างแสดงออกทางการเคลื่อนไหวหรือแสดงออกในลักษณะอื่นซึ่งหากเรามีรูปแบบวิธีในการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ไม่หลากหลายผลที่ได้ก็อาจไม่ใช่แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจริงๆ ก็เป็นไปได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ขวัญฤทัย เทียงจันทร์ทิพย์. 2553. “การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบ
ต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์
มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสุวรรณส่ง และ วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2549. “การสำรวจ
ความรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีของนิสิตครูวิทยาศาสตร์.” วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขา
สังคมศาสตร์. 27 (1): 27-38.
- ชื่นจิต แสนสุต. 2553. “การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติ
ต่อการเรียน การสอนพันธุกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.”
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทิสนา แคมมณี. 2554. ศาสตร์การสอน. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ณรงค์ โสภิน. 2547. ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ที่
มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทน
ในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์
ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- วรัญตี การะเกตุ. 2555. “การพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบไม่กำหนด
แนวทาง.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภกาญจน์ รัตนกร. 2552. “การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจ
ธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบส.”
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม
วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมบัติ การจนารักพงศ์ และคณะ. 2549. เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้น
พัฒนา ทักษะการคิดขั้นสูง: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร:
ธารอักษร.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2547. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ
พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545. กรุงเทพมหานคร: พริกหวาน
กราฟฟิค.

สุธารพินช์ โนนศรีชัย. 2550. "การคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)."
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรางค์ ไคว่ตระกูล. 2554. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรัญญา สติดีไพบูลย์. 2550. "การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้
กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้." วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- Alkan M. and R. Benlikaya. 2004. Is collision theory needed for understanding the concepts of chemical reaction and equilibrium? VI. **National Science and Mathematics Education Congress**. Istanbul Turkey.
- Ayas, A. and Demirbas A. 1997. "Turkish Secondary Students' Conception of Introductory Chemistry Concepts." **Journal of Chemical Education** 74 (5), 518-521.
- Bailer-Jones and D.M. 1999. "Tracing the development of models in the philosophy of science." In L. Magnani, N.J. Nersessian & P. Thagard (Eds.), **Model-based reasoning in scientific discovery** (23–40). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Boo, H. K. 1998. "Students' Understanding of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions." **Journal of Research in Science Teaching** 35, 569-581.
- BouJaoude, S. 1991. "A study of the nature of student' understandings about the concept of burning." **Journal of Research in Science Teaching** 28 (8), 689-704.
- Buckley, B.C. 2000. "Interactive multimedia and model-based learning in biology." **International Journal of Science Education** 22 (9), 895–935.
- Cachapuz, A. F. C. and R. Maskill. 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 (4), 491-504.
- Cakmakci, G, J. Donnelly and J. Leach. 2005. "A cross-sectional study of the understanding of the relationships between concentration and reaction rate among Turkish secondary and undergraduate students." In: Boersma K, de Jong O, Eijkelhof H, Goedhart M (eds) **Research and the quality of science education**. Springer, Dordrecht, 483-497.

- Calik, M., A. Kolomuc, and Z. Karagolge. 2010. "The effect of conceptual change pedagogy on students' conceptions of rate of reaction." **Journal of Science Education and Technology**, 19 (5), 422-433.
- Carin, A. A. 1993 **Teaching Science through Discovery**. 7th ed. Macmillan Publishing Company.
- Chi, M. T. H. and R.D. Roscoe. 2002. "The process and challenges of conceptual change." In M. Limón & L. Mason (Eds.), **Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice** (3-27). Dordrecht: Kluwer.
- Chittleborough, G.D., D.F. Treagust, T.L. Mamiala, and M. Mocerino. 2005. "Students' perceptions of the role models in the process of learning." **Research in Science and Technological Education** 23 (2): 195-212.
- Chuephangam, M. 2000. **Analysis of Misconception in Chemistry of Mathayom Suksa 5 Students**. (Online)
www.grad.cmu.ac.th/abstract/2000/edu/abstract/edu11001.htm, February 26, 2014.
- Chiu, M.H. and W.N. Lin. 2007. "Exploring the characteristics and diverse sources of students' mental models of acids and bases." **International Journal of Science Education** 29 (6): 771-803.
- Cobern, W. 1993. **The construction of knowledge: a radical constructivist view**. In K.Tobin. (eds.). *The Practice of Constructivism in Science Education*. Washington D.C.: AAAS Press.
- Coll R. K. and D. F. Treagust. 2001. "Learners' Mental Models of Chemical Bonding." **Research in Science Education** 31: 357-382
- Coll, R. K. and D.F. Treagust. 2003. "Learners' mental models of metallic bonding: a cross-age study." **Science Education** 87 (5): 685-707.

Craik, K. 1943. **Nature of Explanation**. Cambridge: Cambridge University Press.

Devries, R. and Zan, B. 1992. **Study compares teachers and classroom atmospheres**. *The Constructivist*, Spring, 1-2, 3-6

deVos, W. and A.H. Verdonk. 1986. "A new road to reaction: Part 3. Teaching the heat effect of reactions." **Journal of Chemical Education** 63 (11): 972-974.

Ebrahim, A. 2004. **"The effects of traditional learning and a learning cycle inquiry Learning strategy on students' science achievement and attitudes toward elementary science."** UMI Dissertations Publishing.

Francoeur, E. 1997. "The forgotten tool: The design and use of molecular models." **Social Studies of Science** 27: 7–40.

Giere, R. 1988. **Explaining science**. Chicago: University of Chicago Press.

Gilbert, J.K., C. Boulter, and M. Rutherford. 1998. "Models in explanations, part 1: Horses for courses." **International Journal of Science Education** 20 (1): 83–97.

_____. and M. Rutherford. 1998. "Models in explanations Part 1: Horses for courses?" **International Journal of Science Education** 20 (1): 83–97.

_____. C.J. Bouter, and R. Elmer. 2000. "Positioning models in science education and in design and technology education." In J.K. Gilbert and C.J. Bouter (eds.), **Developing Models in Science Education** Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 3-17.

_____. 2004. "Models and Modelling: Routes To More Authentic Science Education." **International Journal of Science and Mathematics Education** 2: 115–130.

- Gilbert, S.W. 1991. "Model building and a definition of science." **Journal of Research in Science Teaching** 28 (1): 73–79.
- Glynn, S. M. and R. Duit. 1995. **Learning science in the schools: Research reforming practice**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gorodetsky, M. and E. Gussarsky. 1986. "Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods." **European Journal of Science Education** 8 (4): 427-441.
- Greca, I.M. and M.A. Moreira. 2000. "Mental models, conceptual models, and modeling." **International Journal of Science Education** 22: 1–11.
- Griffiths, A.K. 1994. "A critical analysis and synthesis of research on students' chemistry misconceptions." In: H.-J. Schmidt (Ed.), **Problem solving and misconceptions in chemistry and physics** 70-99.
- Grosslight, L., C. Unge and E. Jay. 1991. "Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts." **Journal of Research in Science Teaching** 28 (9): 799-822.
- Hackling M. W. and P.J. Garnett. 1985. "Misconception of chemical equilibrium." **European Journal of Science Education** 7: 205-214.
- Hafner, R., and J. Stewart. 1995. "Revising explanatory models to accommodate genetic phenomena: Problem solving in the 'context of discovery'." **Science Education** 79 (2): 111–146.
- Harrison, A. G. and D. F. Treagust. 2000. "Learning about atom, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry." **Science Education** 84: 352-381.

- Harrison, A. G. and O. De Jong. 2005. "Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium." **Journal of Research in Science Teaching** 42 (10): 1135–1159.
- Hesse, M. B. 1966. **Models and analogies in science**. Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press.
- Johnson-Laird, P. 1983. **Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness**. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnstone. 2000. "Chemical Education Research: Where from here?" Proceedings from **Variety in Chemistry Teaching meeting**, June 2001.
- Jonnassen, D.H. 1992. **Evaluating constructivist learning**. In T. M. Duffy (Ed.), *Constructivism and the technology of instruction*. 137-147. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Joyce, B.R. and M. Weil. 2000. **Models of Teaching**. 6th ed. Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Justi, R. 2002. "Teaching and learning chemical kinetics. In, J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Ed.)," **Chemical Education: Towards Research-Based Practice**. Kluwer Academic Publishers: The Netherlands.
- _____. and J.K. Gilbert. 2002. "Models and modeling in chemical education." *Chemical Education: Toward Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. 47-68.
- Khan, S. 2007. "Model-based Inquiries in Chemistry." **Journal of Science Education** Published online 9 July 2007 in Wiley InterScience.

- Khan, S. 2008. Model-based teaching as a source of insight for the design of a viable science simulation. **Technology Instruction Cognition and Learning** 6: 63-78.
- Kousathana, M and G. Tsapalis. 2002. "Students' Errors in Solving Numerical Chemical Equilibrium problems. Chemistry Education:" **Research and Practice In Europe** 3 (1): 5-17.
- Kurt, S. and A. Aya. 2012. "Improving students' understanding and explaining real life problems on concepts of reaction rate by using a four step constructivist approach." **Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies** 4 (2): 979-992.
- Luisi, P.L. and R.M. Thomas. 1990. "The pictographic molecular paradigm: Pictorial communication in the chemical and biological sciences." **Naturwissenschaften** 77: 67-74.
- Maia, P. F. and R. Justi. 2009. "Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching." **International Journal of Science Education** 31 (5): 603-605
- Moore, K. D. and C. Quinn. 1994. **Secondary Instructional Methods**. Wm. C. Brown : Communications
- Norman, D. N. 1983. "Some observations on mental models." In D. Gentner, & A.L. Stevens (Eds.), **Mental models** (7-14). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Passmore, C., J. Stewart, and J. Cartier. 2009. "Model-Based Inquiry and School Science: Creating Connections." **School Science and Mathematics** 109 (7): 394-402.

- Ragsdale, R.O., J.C. Vanderhooft, and A.P. Zipp. 1998. "Small-scale kinetic study of catalyzed decomposition of hydrogen peroxide." **Journal of Chemical Education** 75 (2): 215-217.
- Rouse, W.B. and N.M. Morris. 1986. "On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models." **Psychological Bulletin** 100 (3): 349-363.
- Shepardson D. P., B. Wee, M. Priddy, and J. Harbor. 2007. "Students' Mental Models of the Environment." **Journal of Research in Science Teaching** 44 (2): 327-348.
- Tobin, K. and B. Hook. 1997. "Investigations of exemplary practice in Australian science Classes." **The Australian Science Teachers Journal** 34: 23-29.
- Tomasi, J. 1988. "Models and modelling in theoretical chemistry." **Journal of Molecular Structure** 179: 273-292.
- Van Driel, J. H. 2002. "Students' corpuscular conceptions in the context of chemical equilibrium and chemical kinetics." **Chemistry Education: Research and Practice in Europe** 3 (2): 201-213.
- Wheeler A. E. and H. Kass, 1978. "Student misconceptions in chemical equilibrium." **Science Education** 62: 223-232.





รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

1. อาจารย์ ดร. เอกภูมิ จันทรวงศ์
ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ทศนัวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์
อาจารย์วิชาเคมี
โรงเรียนสาธิตแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์ ธนาธิป เปรตพรายวงศ์
อาจารย์วิชาเคมี
โรงเรียนสาธิตแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



1. จากปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ นักเรียนจะหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างไร ให้เขียนเป็นคำอธิบายและแสดงวิธีการหาด้วย(3 คะแนน)

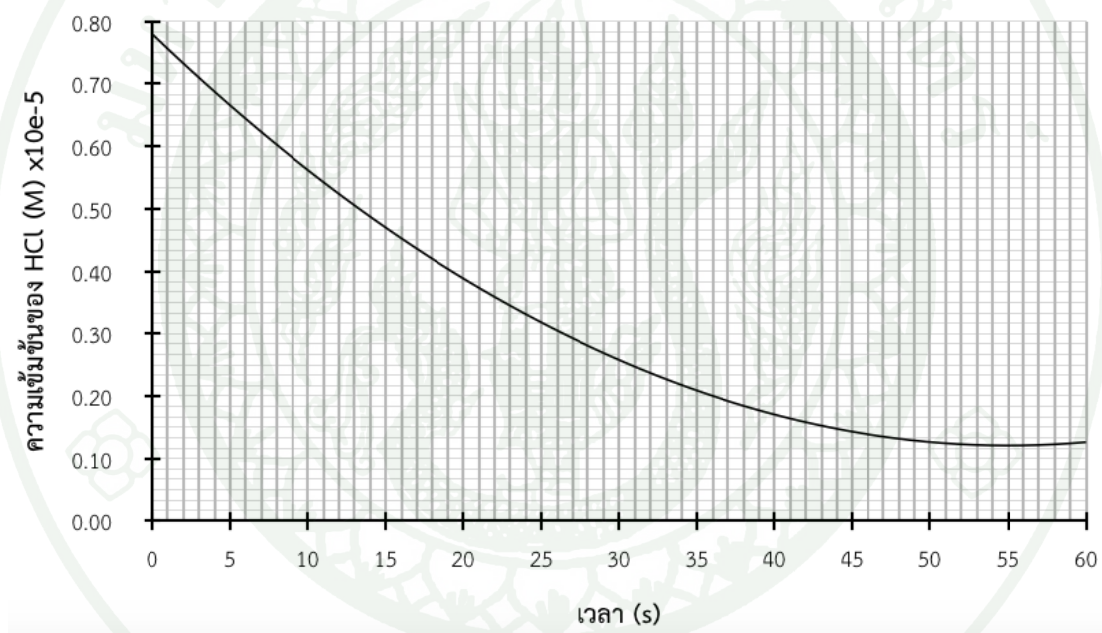
.....

.....

.....

.....

2. เมื่อนาย A ทำการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ ได้ผลออกมาแล้วนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่ลดลงของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปได้ผลดังภาพ



ภาพผนวกที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นกับเวลาในเครื่องมือข้อที่ 1

2.1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 0-20 วินาทีมีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

.....

.....

2.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

.....

.....

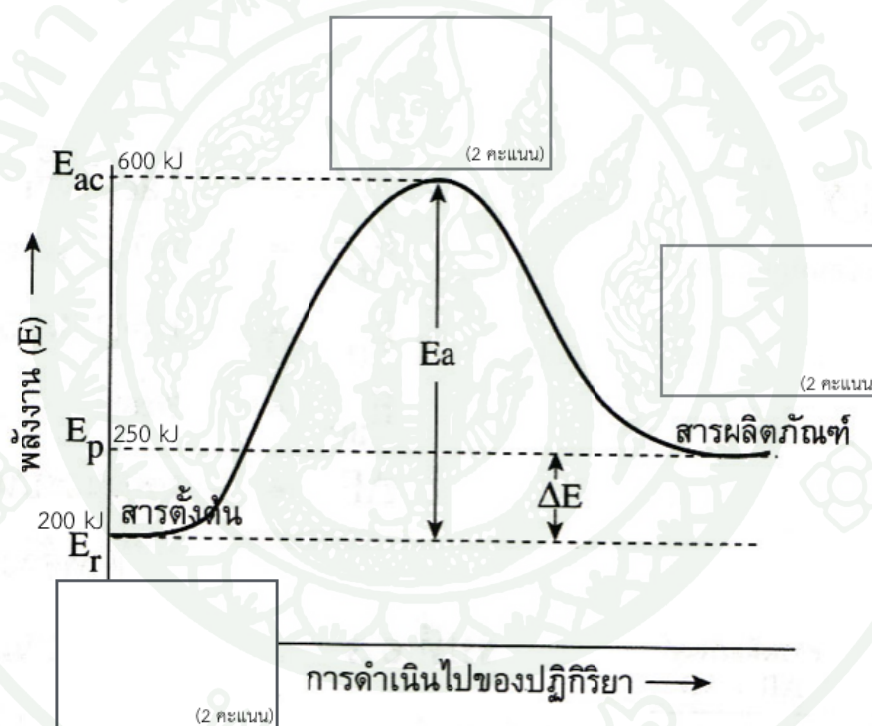
2.3 อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ วินาทีที่ 32 มีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

.....

.....

3. ปฏิกิริยา $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$ เกิดขึ้นในภาชนะหนึ่ง ขณะที่นักเรียนกำลังถือภาชนะนั้นอยู่นักเรียนรู้สึกว้าวุ่นขึ้น เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยานี้ พบว่าได้ผลดังภาพ ให้นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงโดยการวาดภาพโมเลกุลในช่องว่าง และใช้กราฟอธิบายว่าทำไมจึงรู้สึกเย็น

กำหนดให้; ☐ อะตอมของ A ☐ อะตอมของ B



ภาพผนวกที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นกับเวลาในเครื่องมือข้อที่ 2 จากกราฟนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่อย่างไร กับการที่เมื่อจับข้างภาชนะแล้วรู้สึกเย็น (4 คะแนน)

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ค
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

วิชา เคมี

ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี ภาคต้น ปีการศึกษา 2557
(หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี)

วันที่ 24 มิถุนายน 2557

จำนวน1 คาบ เวลา50 นาที

รหัสวิชา ว32111 และ ว32221รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน 3 และ เคมี 3

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์
สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้
การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่
แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ใน
ช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความ
เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. นักเรียนอธิบายความหมายของปฏิกิริยาคายพลังงาน และปฏิกิริยาดูดพลังงานได้
2. นักเรียนสร้างแบบจำลองที่ใช้อธิบายปฏิกิริยาคายพลังงาน และปฏิกิริยาดูดพลังงานได้
3. นักเรียนสามารถสังเกต ลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาคายพลังงาน และปฏิกิริยาดูดพลังงานได้
2. สร้างแบบจำลองที่ใช้อธิบายปฏิกิริยาคายพลังงาน และปฏิกิริยาดูดพลังงานได้
3. สังเกต ลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้ ได้อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับ
4. มีความสนใจใฝ่รู้ มุ่งมั่นในการทำงาน และมีจิตสาธารณะ
5. กล้าแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามอย่างมีความคิดสร้างสรรค์
6. มีความรับผิดชอบและทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายทันเวลาที่กำหนด
7. มีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม มีการร่วมมือร่วมใจกันในกลุ่ม

แนวคิดหลัก

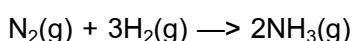
1. ปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endergonic reaction) คือ ปฏิกิริยาที่มีการใช้พลังงานในการสลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมมากกว่าพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาเพื่อสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ทำให้เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาเคมีแล้ว สารจะมีการดูดพลังงานเข้าไปมากกว่าพลังงานที่คายออกมา ดังนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาเช่นนี้สารจะมีการดูดพลังงานในรูปความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าไป ทำให้พลังงานภายในสารเพิ่มสูงขึ้นกว่าตอนเริ่มต้น ในขณะที่สิ่งแวดล้อมก็จะสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนไป จึงทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับแอมโมเนียคลอไรด์ เป็นต้น

หรือจะกล่าวว่าเป็นปฏิกิริยาที่ดูดพลังงานเข้าไปสลายพันธะมากกว่าที่คายออกมาเพื่อสร้างพันธะ โดยในปฏิกิริยาดูดความร้อนนี้สารตั้งต้นจะมีพลังงานต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ จึงทำให้สิ่งแวดล้อมเย็นลง อุณหภูมิลดลง เมื่อเอามือสัมผัสภาชนะจะรู้สึกเย็น ดังภาพแสดงปฏิกิริยาของ

$$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g})$$

2. ปฏิกิริยาคายความร้อน (Exergonic reaction) คือ ปฏิกิริยาที่มีการใช้พลังงานในการสลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมน้อยกว่าพลังงานที่ปล่อยออกมาเพื่อสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ทำให้เมื่อสิ้นสุดการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้ว สารจะคายพลังงานออกมามากกว่าพลังงานที่ดูดเข้าไป ดังนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาเช่นนี้สารจะมีการคายพลังงานในรูปความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้พลังงานภายในสารลดน้อยกว่าในช่วงเริ่มต้นปฏิกิริยา ในขณะที่สิ่งแวดล้อมก็จะได้รับพลังงานในรูปความร้อน ทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น การเกิดปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมกับน้ำ เป็นต้น

หรือจะกล่าวว่าเป็นปฏิกิริยาที่ดูดพลังงานเข้าไปสลายพันธะน้อยกว่าที่คายออกมาเพื่อสร้างพันธะ โดยในปฏิกิริยาคายความร้อนนี้สารตั้งต้นจะมีพลังงานสูงกว่าผลิตภัณฑ์ จึงให้พลังงานความร้อนออกมามาสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเอามือสัมผัสภาชนะจะรู้สึกร้อน ดังภาพที่แสดงปฏิกิริยาของ



กระบวนการจัดการเรียนรู้

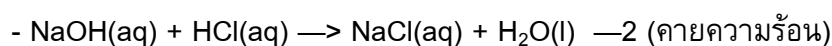
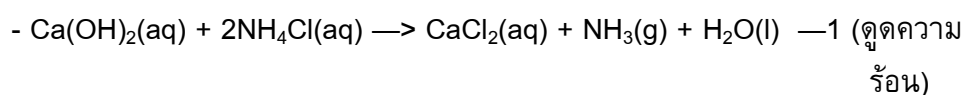
ขั้นนำ

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องการเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้ นักเรียนจะต้องมีความรู้เดิมเสียก่อนว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นจะต้องมีทั้งการสลายพันธะและการสร้างพันธะ โดยมีคำถามนำดังนี้

- นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างไร (เกิดจากการที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันแล้วได้ออกมาเป็นสารผลิตภัณฑ์)
- นักเรียนคิดว่าสารตั้งต้นจะเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ได้อย่างไร (โมเลกุลของสารตั้งต้นจะเกิดการชนกันในทิศทางที่เหมาะสม มีพลังงานเพียงพอ แล้วเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์)
- การที่สารตั้งต้นมีการชนกันในทิศทางที่เหมาะสม และมีพลังงานเพียงพอนั้นจะทำให้สารตั้งต้นเกิดอะไรขึ้น (เกิดการสลายพันธะ และเกิดการสร้างพันธะใหม่เกิดขึ้น กลายเป็นสารผลิตภัณฑ์)
- นักเรียนคิดว่าการที่สารตัวหนึ่งจะเกิดการสลายพันธะและการสร้างพันธะใหม่ได้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีความพลังงานมาเกี่ยวข้องหรือไม่ อย่างไร (จำเป็น โดยที่การสลายพันธะนั้นสารตั้งต้นจำเป็นที่จะต้องดูดเอาพลังงานของระบบเข้าช่วยในการสลายพันธะ และเมื่อมีการสร้างพันธะใหม่กลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ก็จะมีคายพลังงานออกมาให้แก่วระบบ)

ขั้นสอน

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มละ 5-6 คน แล้วให้แต่ละกลุ่มศึกษาปฏิกิริยา 2 ปฏิกิริยา ได้แก่



2. ครูให้นักเรียนอธิบายว่า 2 ปฏิกริยานี้แตกต่างกันอย่างไรบ้าง เพื่อนำเข้าสู่ว่าปฏิกริยาที่ 1 นั้นเป็นปฏิกริยาดูดความร้อน และปฏิกริยาที่ 2 เป็นปฏิกริยาคายความร้อน โดยที่ครูอาจถามนำดังนี้

- เมื่อนักเรียนสัมผัสภาชนะที่ใช้ในการเกิดปฏิกริยาทั้งสองแล้วพบว่ารู้สึกอย่างไรบ้าง (ปฏิกริยาที่ 1 สัมผัสแล้วรู้สึกเย็น ส่วนปฏิกริยาที่ 2 สัมผัสแล้วรู้สึกอุ่น)

- นักเรียนคิดว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น (ปฏิกริยาที่ 1 เป็นปฏิกริยาดูดความร้อน ปฏิกริยาที่ 2 เป็นปฏิกริยาคายความร้อน)

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายว่าปฏิกริยาที่ 1 เป็นปฏิกริยาดูดความร้อนและปฏิกริยาที่ 2 เป็นปฏิกริยาคายความร้อนอย่างไร โดยให้เวลาในการทำกลุ่มละ 10 นาที

4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองของตนเอง และมีการอภิปรายกันเพื่อนำแบบจำลองของกลุ่มตนเองนั้นสามารถอธิบายได้ครอบคลุมหรือไม่

5. ครูให้แต่ละกลุ่มจับกลุ่มกันเป็นกลุ่มใหญ่ให้เหลือเพียง 2 กลุ่มแล้วช่วยกันพัฒนาหรือแก้ไขแบบจำลองของตนเองเพื่อที่จะนำมาอภิปรายอีกครั้ง ให้เวลาประมาณ 5 นาที

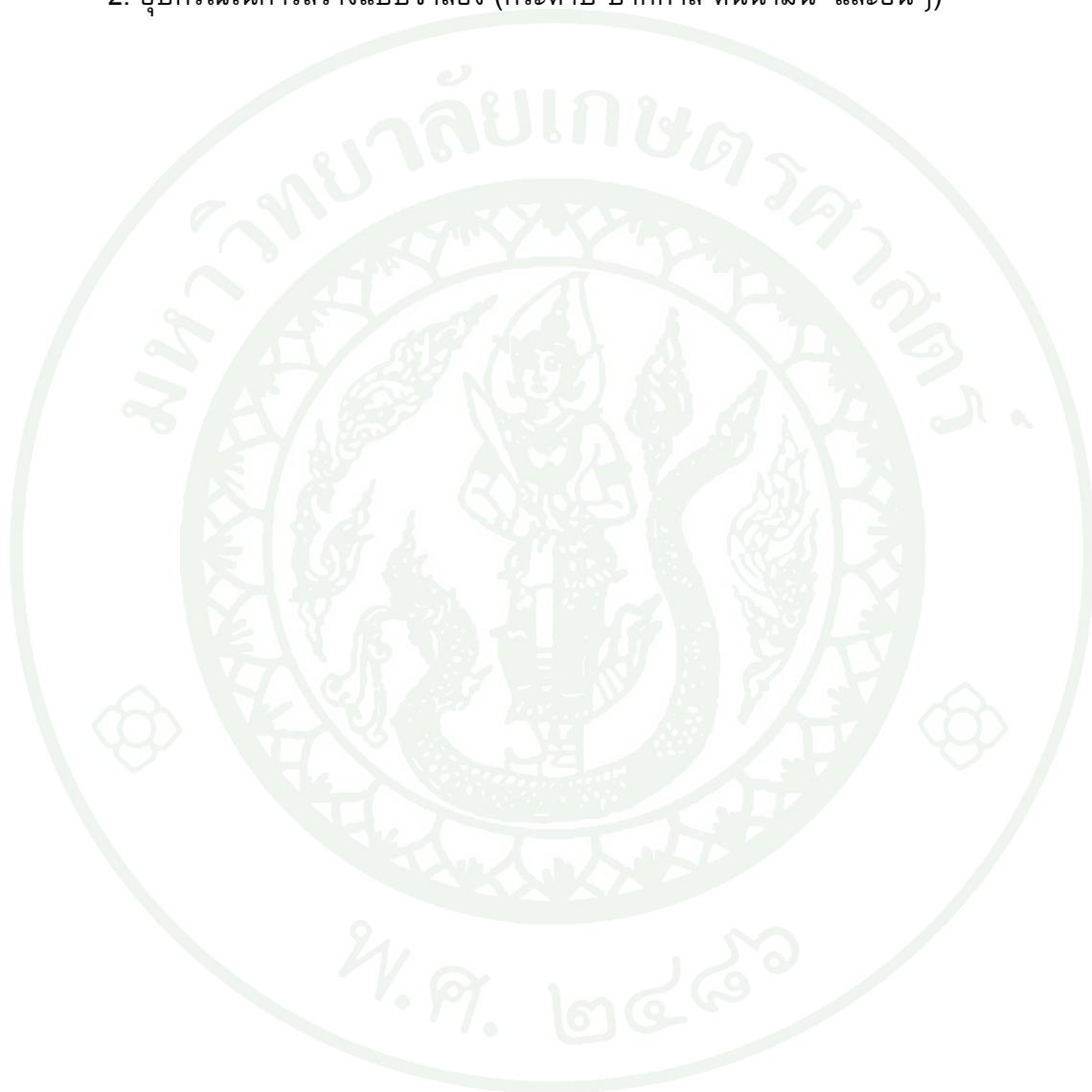
6. ครูให้ตัวแทนของทั้งสองกลุ่มออกมามาอธิบายแบบจำลองที่พัฒนาแล้วของกลุ่มตนเองแล้วอภิปรายร่วมกัน

ขั้นสรุป

ครูให้นักเรียนสรุปร่วมกันว่าปฏิกริยาดูดความร้อนคืออะไรและปฏิกริยาคายความร้อนคืออะไร โดยมีครูเป็นผู้เขียนสรุปให้อีกครั้งบนกระดาน

สื่อการเรียนรู้/วัสดุอุปกรณ์

1. สารเคมี (NaOH , HCl , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_4Cl)
2. อุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง (กระต่าย ปากกาสี ดินน้ำมัน และอื่นๆ)



ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล

นายโพธิศักดิ์ โพธิเสน

วัน เดือน ปีเกิด

วันที่ 19 เดือนมกราคม พ.ศ.2531

สถานที่เกิด

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

