ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

EFFECTS OF HEWSON & HEWSON CONCEPTUAL CHANGE STRATEGIES THROUGH 7E LEARNING CYCLE ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN THE TOPIC OF

อรรถพล พลอยมีค่า

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

อรรถพล พลอยมีค่า

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

EFFECTS OF HEWSON & HEWSON CONCEPTUAL CHANGE STRATEGIES THROUGH 7E LEARNING CYCLE ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN THE TOPIC OF CHEMICAL EQUILIBRIUM OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

ATTAPON PLOYMEEKHA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Science Education)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน
ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี
ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

อรรถพล พลอยมีค่า

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิดา จำรัส)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

ชื่อเรื่อง	ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	อรรถพล พลอยมีค่า
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรยา ดาสา

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้และผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อ 1) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียน 2) การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน กลุ่มที่ศึกษาคือ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว จำนวน 2 ห้อง รวมทั้งสิ้น 48 คน เครื่องมือวิจัยที่ใช้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี จำนวน 8 แผน 2) แบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้นขั้น เรื่องสมดุลเคมี มีแบบแผนการวิจัยแบบ One – Group Pretest – Posttest Design สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ การทดสอบค่าที ค่าพัฒนาการเรียนรู้ ค่าขนาดอิทธิพล

ผลการวิจัยพบว่า ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ประกอบด้วย 7 ขั้นการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจัดการเรียนรู้ตามยุทธศาสตร์การสอน 4 ยุทธศาสตร์ โดยคำนึงถึงเงื่อนไข การเปลี่ยนแปลงมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน 3 เงื่อนไข สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติสูกลุ่มที่สูงขึ้นได้จริง โดยเมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีผู้เรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของผู้เรียนทั้งหมด ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มกลางพัฒนามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60 และมีขนาดอิทธิพลระดับสูง (d=1.81)

คำสำคัญ : เปลี่ยนแปลงมโนมติ, ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน, วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น, สมดุลเคมี

Title	EFFECTS OF HEWSON & HEWSON CONCEPTUAL CHANGE STRATEGIES THROUGH 7E LEARNING CYCLE ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN THE TOPIC OF CHEMICAL EQUILIBRIUM OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS
Author	ATTAPON PLOYMEEKHA
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Assistant Professor Chanyah Dahsah

This research aims to study the approach of the Hewson & Hewson Conceptual Change Strategies through 7E Learning Cycle on conceptual understanding in the topic of chemical equilibrium of upper secondary school students towards: (1) to study the effects of conceptual understanding on the topic of chemical equilibrium among students; (2) the development in scientific conceptual understanding of students with different levels of conceptual understanding. The samples were 48 students in Twelfth Grade, who have studied chemical equilibrium. The research instruments include the following: (1) lesson plans for solution topics, with a total of eight plans; (2) a three-tier diagnostic test for identifying students' misconception in a Chemical equilibrium topic. There was a One-Group Pretest-Posttest Design research plan. The statistical analysis to analyze the effectiveness of this research was percentage, average, standard deviation, a t-test dependent sample, gain score and effect size.

The research results indicate that of Hewson & Hewson Conceptual Change Strategies through 7E Learning Cycle on conceptual understanding in the topic of chemical equilibrium among upper secondary school students, with seven steps in this learning model was organized in accordance with four strategies. There were three conditions neccessary to change concepts. This research was able to make the students change concepts to a higher level. The students had an average of understanding after studying was at a higher level than before learning, with a significance level of .01. The students with higher scientific concepts accounted for 83.33% among all of the students. The result was that the students in the middle group developed the most, accounted for 60 % and the effect size is at high level (d=1.81).

Keyword : Conceptual Change, Hewson & Hewson Conceptual Change Strategies, 7E Learning cycle, Chemical equilibrium

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณา เอาใจใส่อย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา ที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิดา จำรัส ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบปากเปล่า และอาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ กรรมการสอบปากเปล่า ที่ให้คำแนะนำที่มีคุณค่าในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวเรศ ใจเย็น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง อาจารย์ ดร.อุษา จีนเจนกิจ และอาจารย์ยุพา ปลีผลา ที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตลอดจนให้คำเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติราชการ ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ขอขอบใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 และ 2562 ที่ให้ความร่วมมือในการหาคุณภาพเครื่องมือ และให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เพื่อน พี่ น้อง เจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่ให้กำลังใจ ความห่วงใย และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวพลอยมีค่า และคนสำคัญของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในทุกเรื่องและเป็นกำลังใจที่สำคัญในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวมาในที่นี้ ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำแนะนำช่วยเหลือ สนับสนุน ผู้วิจัยในทุก ๆ ด้านด้วยความรักและความห่วงใยตลอดมา คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่พึงได้จากปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

อรรถพล พลอยมีค่า

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
สารบัญ ..... ซ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูปภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
ภูมิหลัง 1
คำถามการวิจัย 4
ความมุ่งหมายของการวิจัย 4
ขอบเขตของการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
กรอบแนวคิดการวิจัย 7
สมมติฐานการวิจัย 9
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม Literature 10
1. มโนมติและมโนมติที่คลาดเคลื่อน 10
1.1 ความหมายของมโนมติ 10
1.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 11
1.3 มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ 11
1.4 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมี 12
1.5 การตรวจสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 14

1.6 การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบมโนมติทางเคมี 17
1.7 การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 18
2. การเปลี่ยนแปลงมโนมติ 20
2.1 ความหมายของการเปลี่ยนแปลงมโนมติ 20
2.2 การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ 21
2.3 ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) 31
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น 33
3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น 33
3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น 39
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 45
1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา 45
2. แบบแผนการทดลอง 46
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 58
5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล 59
6. จริยธรรมวิจัย 64
บทที่ 4 ผลการศึกษา 66
1. ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 66

2. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 73

3. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน 86

บทที่ 5 89

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 89

ความมุ่งหมายของการวิจัย 89

สมมติฐานในการวิจัย 89

วิธีดำเนินการวิจัย 90

กลุ่มที่ศึกษา 90

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา 90

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย 90

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 90

การเก็บรวบรวมข้อมูล 91

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล 91

สรุปผลการวิจัย 93

อภิปรายผลการวิจัย 96

ข้อเสนอแนะ 101

บรรณานุกรม 104

ประวัติผู้เขียน 106

ภาคผนวก 115

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1แสดงการวิเคราะห์ผลจากแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับ เรื่องสมดุลเคมี..... 20

ตาราง 2 แสดงแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น..... 35

ตาราง 3 แสดงบทบาทครูและผู้เรียนยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น..... 41

ตาราง 4 แสดงแบบแผนการทดลอง..... 46

ตาราง 5 แสดงรายละเอียดหัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี..... 53

ตาราง 6 แสดงการสรุปบทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น..... 70

ตาราง 7 แสดงความสัมพันธ์ของคะแนนก่อนเรียน oและหลังเรียนของนักเรียน oที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี..... 74

ตาราง 8 เปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีต่อมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น..... 75

ตาราง 9 ค่าร้อยละการพัฒนามโนมติเรื่อง สมดุลเคมี..... 82

ตาราง 10 เปรียบเทียบจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี..... 83

ตาราง 11 แสดงค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่มีผลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี..... 86

ตาราง 12 จำนวนผู้เรียนในกลุ่มระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์..... 87

ตาราง 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงกลุ่มผู้เรียนรายกลุ่ม 88

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแนวคิดเชิงประพจน์ และแผนผังมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี 119

ตาราง 15 -ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี 120

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 121

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 122

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย 8

ภาพประกอบ 2 แผนผังแนวคิดเชิงประพจน์ เรื่องสมดุลเคมี 55

ภาพประกอบ 3 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนมโนมติจำแนกก่อนและหลังเรียน..... 81

ภาพประกอบ 4 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายคน 85

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทบาทความสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและในอนาคต เนื่องจากเป็นความรู้ที่ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีที่แก้ปัญหาและช่วยต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะวิชาเคมีเป็นวิชาที่สำคัญสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับสารและสมบัติต่าง ๆ ของสาร เป็นส่วนสำคัญทางเทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอย่างแพร่หลายในหลากหลายมิติทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การผลิตไฟฟ้า ที่อาศัยความรู้เคมีในเรื่องปฏิกิริยาการเผาไหม้และปฏิกิริยานิวเคลียร์ การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก ที่ต้องใช้ความรู้เคมีในเรื่องพอลิเมอร์ การผลิตแก๊สแอมโมเนีย ที่ต้องใช้ความรู้เคมีเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอ การสังเคราะห์ สกัดผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เช่น สมุนไพรต่าง ๆ ต้องใช้ความรู้เคมีในเรื่องเคมีอินทรีย์ การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารพิษต่าง ๆ ต้องใช้ความรู้เคมีในด้านเคมีวิเคราะห์และไฟฟ้าเคมี เป็นต้น ดังนั้นวิชาเคมีจึงถือว่าเป็นวิชาที่สำคัญและมีความจำเป็นสำหรับชีวิตประจำวันและการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ฉะนั้นแล้วการมีมโนมติที่ถูกต้องทางเคมีเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างปฏิเสธไม่ได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเนื้อหาวิชาเคมีเนื้อหาโดยส่วนใหญ่มีความซับซ้อน เป็นนามธรรม เนื่องจากต้องอาศัยความเข้าใจและการอธิบายแนวคิดในระดับอนุภาค เช่น อะตอม โมเลกุล ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็ก มองเห็นไม่ได้ ยากต่อการจินตนาการ จึงพบปัญหาว่า ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้มโนมติที่สำคัญหรือรวบรวมความคิดเคมีได้อย่างเป็นระบบ และยังคงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) การมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนจะทำให้การเรียนรู้ในหัวข้อนั้นและหัวข้อต่อไป ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งนำไปสู่มโนมติที่คลาดเคลื่อนต่อไป (เชษฐา ปัทมสีแก้ว, 2561, น. 108; วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 1) ในหลายมโนมติที่สำคัญทางเคมี โดยเฉพาะเรื่องสมดุลเคมี ที่ผู้เรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนหลากหลายทั้งในมโนมติหลักและมโนมติย่อย ได้แก่ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอ (Ozemm, 2008, pp. 226; ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 3; วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 2) ซึ่งมโนมติเหล่านี้ถือได้ว่าเป็นแก่นของหัวข้อสมดุลเคมี โดยมโนมติคลาดเคลื่อนในเรื่องสมดุลเคมีที่เกิดขึ้นเหล่านี้นั้น อาจเนื่องมาจากในมโนมติเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ผู้เรียนได้เรียนมาก่อนหน้านั้น กับมโนมติเรื่องสมดุลเคมีมีความแตกต่างกันในหลายส่วน กล่าวคือมโนมติเรื่องปฏิกิริยาเคมีเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทางเดียว เป็นการเปลี่ยนแปลงจากสารตั้งต้นสู่ผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์ และไม่สามารถเปลี่ยนผลิตภัณฑ์กลับมาสู่สารตั้งต้นได้ สมบัติทาง

กายภาพต่าง ๆ ของระบบจะคงที่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา แต่มโนมติเรื่องสมดุลเคมีปฏิกิริยาเคมีนั้นสามารถเกิดขึ้นได้สองทิศทาง กล่าวคือเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นสู่ผลิตภัณฑ์และมีการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์กลับเป็นสารตั้งต้นได้เช่นเดียวกัน ซึ่งเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน เป็นปฏิกิริยาที่ถือว่าเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างตลอดเวลา แต่สมบัติต่าง ๆ จะคงที่เนื่องจากมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับปฏิกิริยาย้อนกลับ หากผู้เรียนนำมโนมติเรื่องปฏิกิริยาเคมีมาเชื่อมโยงกับมโนมติเรื่องสมดุลเคมีจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของมโนมติได้ (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 2) และเป็นผลให้ผู้เรียนบางกลุ่มมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาเคมี และจากประสบการณ์ของผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้สอนเคมี พบว่า ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้วยังมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ซึ่งทำให้การเรียนรู้ในหัวข้อของ วิชาเคมีต่อไป เช่น กรด-เบส ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร จึงมีความจำเป็นที่ผู้สอนต้องทำการปรับเปลี่ยนมโนมติคลาดเคลื่อนของผู้เรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี พบว่า ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนสู่ความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 49; จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 105; ปวีนา งามชัด, 2556, น. 5; พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553, น. 70; อิสราพร เภรินทวงค์ 2557, น. 59) โดยฮิวสันและฮิวสัน ได้อ้างอิงทฤษฎีการเปลี่ยนการรับรู้มโนมติ ว่าต้องมีเงื่อนไข 3 ประการ คือ มโนมติใหม่เข้าใจได้ง่าย (Intelligible) มโนมติใหม่มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) และ มโนมติใหม่มีประโยชน์ต่อผู้เรียน (Fruitful) และยังได้เสนอแนะว่ายุทธศาสตร์การสอนควรจะประกอบด้วย การบูรณาการ (Integration) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) การแลกเปลี่ยน (Exchange) และการเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) ซึ่งทั้ง 4 ยุทธศาสตร์ และเงื่อนไข 3 ประการของมโนมติใหม่นี้นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปลี่ยนมโนมติเดิมสู่มโนมติใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์ แต่เนื่องจากยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) นั้นไม่ได้มีรูปแบบการสอนเป็นแบบแผนขั้นตอนอย่างแน่นอน แต่ยังไม่สามารถสร้างมโนมติใหม่ได้ จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายของผู้สอนในการออกแบบการเรียนรู้ ดังนั้นถ้ามีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเป็นขั้นตอน น่าจะทำให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนมโนมติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมตินั้นมีหลากหลายวิธี โดยผู้วิจัยได้เลือกนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้

แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มาประยุกต์เข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) เนื่องจากการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างเป็นวัฏจักร เกิดการพัฒนาขององค์ความรู้อย่างต่อเนื่อง และมีลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ และสามารถสร้างมโนมติใหม่ได้ (Anjum, 2013, pp. 195-214; Saksri, 2015, pp. 121-132; Xinxin, 2015, pp. 2; โสภา อรุณใหม่, 2557, น. 3; สุภาพ ตาเมือง, 2560, น. 11-12) โดยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ประกอบด้วยขั้นต่าง ๆ ดังนี้ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) 2) ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement phase) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) 4)ขั้นอธิบาย (Explanation phase) 5)ขั้นขยายความคิด (Elaboration phase) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension phase) ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ มีขั้นการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ผู้สอนจึงสามารถวางแผนเพื่อทำให้เกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของผู้เรียนได้ง่ายในขั้นต่อไป นอกจากนี้ในวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นนั้น ครูผู้สอนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจมโนมติเดิมได้ในขั้นสำรวจค้นหา และในขั้นของการสร้างคำอธิบาย ผู้เรียนจะเกิดกระบวนการปรับปรุงมโนมติเพื่อทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้ซึ่งทำให้เห็นว่ามโนมติเดิมนั้นไม่สามารถอธิบายได้ และยอมรับมโนมติใหม่ได้ในที่สุด จากนั้นยังสามารถทำให้ผู้เรียนที่มโนมติใหม่แล้วนั้นสามารถนำมโนมติใหม่เพื่อไปอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ต่อไปได้ ทั้งในขั้นของการขยายความคิดและนำความรู้ไปใช้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติใหม่นั้นมีประโยชน์กับผู้เรียนนั่นเอง จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่ากระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น นั้นสามารถนำมาใช้ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) เพื่อเปลี่ยนมโนมติของผู้เรียนได้

จากข้อมูลข้างต้น ประกอบกับประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย พบว่าผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว ยังมีมโนมติคลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมีจำนวนมาก ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เพื่อให้ผู้เรียนมีมโนมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ในเรื่องสมดุลเคมี ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของเคมีและใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เคมีเรื่องอื่น ๆ ต่อไป

คำถามการวิจัย

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน (2003) ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติเรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้วให้เป็นความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ได้หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ชั้นปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 48 คน ที่ได้มากจากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) จากโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาดำเนินการทดลองทั้งสิ้น 12 ชั่วโมงโดยแบ่งเป็นรายสัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ซึ่งมีเนื้อหาในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลเคมี และหลักของเลอชาเตอลิเอ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน** หมายถึง แนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ (Conceptual change) ซึ่งนำเสนอโดยฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003, pp. 35-43) ประกอบด้วย

1.1.1 การบูรณาการ (Integration) มีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการการรับรู้มโนมติใหม่กับการรับรู้มโนมติที่มีเดิม หรือบูรณาการการรับรู้มโนมติต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน

1.1.2 การแยกความแตกต่าง (Differentiation) คือการทำให้ผู้เรียนเห็นว่าสิ่งที่มีเหตุผลน่าเชื่อถือในสถานการณ์หนึ่ง อาจจะไม่น่าเชื่อถืออีกต่อไป ในสถานการณ์อื่นที่แตกต่างและซับซ้อนขึ้น

1.1.3 การแลกเปลี่ยน (Exchange) คือการแลกเปลี่ยนการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมกับมโนมติใหม่ เนื่องจากการรับรู้มโนมตินั้นขัดแย้งกัน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิม ในขณะเดียวกันแสดงให้เห็นว่า การรับรู้มโนมติใหม่สามารถอธิบายและมีประโยชน์ได้มากกว่าเดิม

1.1.4 การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) คือการสร้างบริบทที่เหมาะสมเพื่อเชื่อมโยงกับประสบการณ์สามัญที่มีความหมาย ที่ทำให้มองเห็นว่ามโนมติใหม่เหล่านี้ มีเหตุผลน่าเชื่อถือ และมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ

โดยองค์ประกอบของมโนมติใหม่ ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติกับผู้เรียน ต้องมีเงื่อนไข องค์ประกอบดังนี้

1.2.1 มโนมติต้องเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) ผู้เรียนต้องรู้ว่ามโนมติใหม่คืออะไร สามารถเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับมโนมตินั้น และเห็นว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่าย

1.2.2 มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติใหม่นี้เข้าใจได้ดีและเชื่อว่าเป็นความจริง น่าเชื่อถือ สามารถเชื่อมโยงมโนมติใหม่กับมโนมติอื่น ๆที่มีอยู่เดิม

1.2.3 มีประโยชน์ (Fruitful) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติต้องมีประโยชน์ สามารถอธิบาย ทำนาย แก้ปัญหาชี้แนะวิธีการใหม่ๆได้

2. **ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น** หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนให้มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงมโนมติในยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) 4 ยุทธศาสตร์ และเงื่อนไขของมโนมติใหม่ 3 ประการ ผ่านขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังนี้

2.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบความรู้ มโนมติเดิมของตนเองโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่ามโนมติเดิมที่ตนเองมีอยู่นั้นเป็นอย่างไรและนำไปเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนกับมโนมติใหม่ในขั้นต่อไป

2.2 ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้น เร้าความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อสร้างมโนมติในขั้นต่อไป

2.3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสำรวจ ค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาคำตอบของในประเด็นหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของตนเอง และแสวงหามโนมติใหม่

2.4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียน สร้างคำอธิบาย ข้อสรุปมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นก่อนหน้า โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน ซึ่งมโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้

2.5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ โดยใช้สถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการขยายขอบเขตความรู้ มโนมติให้กว้าง ลึกและครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เกิดการยอมรับมโนมติใหม่และปฏิเสธมโนมติเดิมที่มีอยู่

2.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนประเมินมโนมติใหม่ของตนเอง ว่ามโนมติของตนเองนั้นมีประโยชน์ สามารถใช้ทำนาย อธิบาย และแก้ปัญหาได้ ดีกว่ามโนมติเดิม

2.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติใหม่ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม

3. **ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี** หมายถึง ความคิด ข้อสรุป เรื่องสมดุลเคมี โดยวัดได้จากแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี 3 ลำดับขั้น ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนมติของผู้เรียนเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

3.1 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) หมายถึง คำตอบของผู้เรียน ถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

3.2 ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) หมายถึง คำตอบของผู้เรียน มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน หรือถูกต้องบางส่วน

3.3 การขาดมโนมติ (Lack of Knowledge) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนไม่ถูกต้องทั้งหมด และไม่มั่นใจในคำตอบของตน

3.4 การตอบถูกจากการเดา (Guessing) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนถูกต้อง แต่ผู้เรียนไม่มั่นใจในคำตอบของตน โดยแบ่งได้เป็นการตอบถูกทั้งส่วนคำตอบของคำถาม และเหตุผลของคำตอบ เรียก การเดาถูก และการตอบถูกส่วนใดส่วนหนึ่งของทั้งส่วนคำตอบของคำถามและเหตุผลของคำตอบ เรียก การเดา

4. **ผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน** หมายถึง ผู้เรียนที่ถูกจัดกลุ่มอยู่ในระดับ ดี ปานกลาง และอ่อน จากคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับ เรื่องสมดุลเคมี ทั้งหมด 14 ข้อ โดยผู้เรียนระดับดี หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มสูง คือช่วงร้อยละ 67.00-100 ผู้เรียนระดับปานกลาง หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มกลาง คือ ช่วงร้อยละ 33.00-66.99 และผู้เรียนระดับอ่อน หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มล่าง คือ ช่วงร้อยละ 0.00-32.99 โดยเรียงลำดับผู้เรียนจากคะแนนต่ำไปสูง

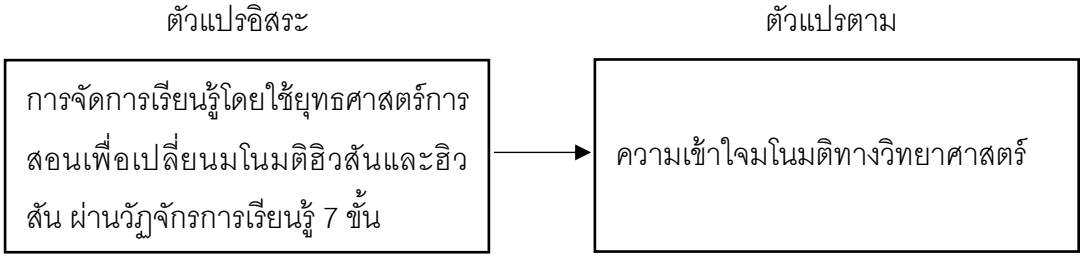
5. **การเปลี่ยนแปลงมโนมติ** (conceptual change) หมายถึง ผู้เรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากกลุ่มขาดมโนมติและกลุ่มความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี ซึ่งวัดได้จากการใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับ เรื่องสมดุลเคมีที่ผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบ

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน เพื่อเปลี่ยนแปลงมโมติของผู้เรียนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน สูงกว่าก่อนใช้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 66; จินดารัตน์ แก้ว

พิกุล, 2554, น. 109; ปวีนา งามชัด, 2556, น. 126; พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553, น. 108; สังวาลย์ อติรัตนวงษ์, 2556, น. 109; อิสราพร เภรินทวงค์ 2557, น. 89) และ .05 (ปวีนา งามชัด , 2556, น. 126) นอกจากนี้ในบางงานวิจัยระบุว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลตามเกณฑ์เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 70-100 (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 66; ปวีนา งามชัด, 2556, น. 126; พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553, น. 109; สังวาลย์ อติรัตนวงษ์, 2556, น. 110; อิสราพร เภรินทวงค์ 2557, น. 90) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันสามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ดี อย่างไรก็ตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เนื่องจากไม่มีขั้นตอนการสอนที่ชัดเจน สำหรับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างเป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่อง มีลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 114) และงานวิจัยต่าง ๆ ได้ระบุว่าสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ (Anjum, 2013, pp. 17-18; Saksri, 2015, pp. 6-7; Xinxin, 2015, pp. 2; โสภา อรุณใหม่, 2557, น. 3; สุภาพ ตาเมือง, 2560, น. 11-12) แต่ผลของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นอาจจะยังมีประสิทธิภาพที่น้อยกว่าการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียน โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003, pp. 35-43) ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ตามแนวคิดของไอน์เซนคราฟ (Eisenkraft, 2003, pp. 57-59) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพได้มากยิ่งขึ้น และช่วยให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติสู่ระดับที่สูง จึงสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สามารถพัฒนา ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. นักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 80 มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติจากขาดมโนมติและความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

3. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี มีค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับ 1.80 ขึ้นไป ซึ่งมีค่าขนาดอิทธิพล อยู่ในระดับสูง

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม Literature

เพื่อตอบคำถามของการวิจัย ที่ว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. มโนมติและมโนมติที่คลาดเคลื่อน
    1.1 ความหมายของมโนมติ
    1.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์
    1.3 มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางเคมี
    1.4 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมี
    1.5 การตรวจสอบความเข้าใจมโนมติทางเคมีและสมดุลเคมี
    1.6 การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบความเข้าใจมโนมติทางเคมี
    1.7 การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์
2. การเปลี่ยนแปลงมโนมติ
    2.1 ความหมายของการเปลี่ยนแปลงมโนมติ
    2.2 การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ
    2.3 ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ ฮิวสันและฮิวสัน (2003)
3. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003)
    3.1 หลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้
    3.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. มโนมติและมโนมติที่คลาดเคลื่อน

1.1 ความหมายของมโนมติ

ตามพจนานุกรม ได้ให้ความหมายของ มโนมติ (Conception) เช่นเดียวกับ แนวความคิด (Idea) ความคิด (Thought) ข้อคิด (Notion) (Winifred, 1973, pp. 392) โดยให้ความหมายไว้ว่า มโนมติ คือ ความคิดที่เป็นแนวทางปฏิบัติ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในจิตใจ อันก่อให้เกิดการแสวงหาความรู้ต่อไป

ส่วนนักการศึกษาได้มีการให้ความหมายไว้ว่า มโนมติ หมายถึง แนวความคิดในการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ โดยเชื่อมโยงถึงการมีความสัมพันธ์กันระหว่างบุคคลกับปรากฏการณ์บางอย่าง และแสดงให้เห็นถึงหน่วยความคิดที่ใช้ประโยชน์ได้ เพราะฉะนั้นมโนมติหรือแนวความคิดจึงสามารถสังเกตเห็นได้ เนื่องจากเป็นการสะท้อนแนวความคิดของบุคคลออกมา (Johansson, 1985, pp. 236) มโนมติ จึงเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความรู้ ลักษณะการจัดระเบียบความรู้ของบุคคลที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามธรรมชาติ โดยสามารถอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 25) โดยแนวความคิดเหล่านี้อาจไม่สอดคล้องกับแนวความคิดหรือความรู้ที่คนอื่นยอมรับ เมื่อเกิดขึ้นแล้วยากต่อการเปลี่ยนแปลงและเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 11)

วินนิเฟรด (Winifred, 1973, pp. 124) ให้ความหมายของมโนมติไว้ 3 ลักษณะคือ 1. ความคิดหรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบ หรือลักษณะร่วมที่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้ 2. สัญลักษณ์เชิงความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจกรรมหรือวัตถุ 3. ความรู้สึกนึกคิด ความเห็น ความคิด หรือภาพความความคิด

จากที่กล่าวข้างต้นสามารถสรุปความหมายของมโนมติได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่สรุปเกี่ยวกับปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งสามารถมองเห็นหรือสังเกตได้

1.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

มโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concept) หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งโดยที่ความเข้าใจดังกล่าวมีความแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล (ปรีชา วงศ์ชูศิริ, 2527, น. 247; วีระชาติ สวนไพรินทร์, 2531, น. 4) มโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาข้อเท็จจริง ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และเป็นข้อสรุปที่นักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน (สังวาลย์ อติรัตนวงษ์, 2556, น. 16) ช่วยให้เกิดประโยชน์ในการคิดและนำไปใช้ ในขั้นต่อไป (อิสราพร เภรินทวงค์ 2557, น. 16)

มโนมติทางวิทยาศาสตร์ จึงหมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้มาจากข้อเท็จจริง ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับข้อสรุปที่นักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

1.3 มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาตอนต้นมโนมติ เป็นความคิดของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งและแตกต่างกันไปตามความรู้และประสบการณ์ของแต่ละคน ซึ่งมโนมติเหล่านี้อาจจะมีความหมายแตกต่างไปจากข้อเท็จจริง หลักการที่ผิดไปจากที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ ซึ่งนักการศึกษา เรียก

มโนมติที่แตกต่างออกไปนี้ ว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ (Cho, 1985, pp. 707; Griffiths, 1992, pp. 612; Treagust & Garnett, 1992, pp. 301; Za'Rour, 1975, pp. 385) ซึ่งอาจจะรวมถึงแนวความคิดใหม่ที่ได้จากการเชื่อมโยงมโนมติ ตั้งแต่ 2 มโนมติขึ้นไปอย่างไม่เหมาะสม จึงนำไปสู่การมีมโนมติที่ผิดพลาด (Wandersee, 1985, pp. 581-582) ซึ่ง กริฟฟิทซ์ (Griffiths, 1992, pp. 612) ระบุว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนนี้ยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้ถูกต้องโดยการใช้วิธีการสอนแบบเก่า

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ คือมโนมติหรือความเข้าใจ ต่อข้อเท็จจริงหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างไปจากมโนมติที่นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนั้นยอมรับ

1.4 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมี

จากข้างต้นที่ได้กล่าวถึงความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์มาแล้ว สำหรับในงานวิจัยนี้เน้นมโนมติเรื่องสมดุลเคมี ซึ่งเป็นหัวข้อหนึ่งที่สำคัญของวิชาเคมี

มโนมติเรื่องสมดุลเคมี เป็นมโนมติที่เป็นนามธรรมและยากต่อการทำความเข้าใจ ต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ประกอบกับต้องการมโนมติพื้นฐานหลายเรื่อง เช่น ความเข้มข้นของสารละลาย ปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจมโนมติเรื่องสมดุลเคมีได้ยาก (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 6) จึงส่งผลให้เกิดมโนมติหรือความเข้าใจในหลักการเรื่องสมดุลเคมีที่แตกต่างไปจากมโนมติที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 8) หรือเรียกว่าเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสมดุลเคมี จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ค้นพบว่าผู้เรียนมักมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมี ดังนี้

1. มโนมติเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล

1.1 การเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าสิ้นสุดลง (Gordon, 1992, pp. 22)

1.2 ณ ภาวะสมดุลสารต่าง ๆ จะมีสมบัติคงที่ (วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

2. มโนมติเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

2.1 ที่ภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ทุกตัวต้องมีปริมาณเท่ากัน (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549; ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

2.2 ปฏิกิริยาที่สามารถดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลได้นั้น เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลจะมีเฉพาะสารผลิตภัณฑ์เหลืออยู่ในระบบเท่านั้น (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

2.3 ปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเท่ากับปฏิกิริยาย้อนกลับเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เท่ากัน (วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

2.4 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับก็ต่อเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน (ณัฐฐา พวงไพโรจน์, 2560, น. 20)

2.5 ณ ภาวะสมดุล ไม่สามารถระบุได้ว่าพบสารใด ปริมาณเท่าใด เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ (ณัฐฐา พวงไพโรจน์, 2560, น. 20)

2.6 ณ ภาวะสมดุล ของปฏิกิริยาเคมีไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น (Voska, 2000, p. 162)

2.7 ณ ภาวะสมดุล อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549)

3. มโนมติเรื่องค่าคงที่สมดุล

3.1 ในการคิดค่าคงที่สมดุลไม่นำสัมประสิทธิ์บอกจำนวนโมลในสมการเคมี มาคิดเป็นเลขยกกำลัง (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

4. มโนมติเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอดิเอ

4.1 เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลแล้ว เมื่อมีการรบกวนสมดุลจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีก (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 550; ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 91)

4.2 เมื่อมีการรบกวนสมดุลของระบบโดยการลดความดัน ความเข้มข้นของสารทุกตัวจะลดลง จึงไม่มีการปรับตัวเพื่อลดหรือเพิ่มความดันให้แก่ระบบ (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87; วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

4.3 การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเสมอ (Ozemm, 2008, p. 228; วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

4.4 เมื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิแล้ว ค่าคงที่สมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

4.5 การลดปริมาตรหรือเพิ่มความดันของระบบจะไม่มีผลกระทบหรือการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ต่อภาวะสมดุล (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549)

4.6 การเพิ่มความเข้มข้นของสารหรือการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เป็นการทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้าจึงทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์มากขึ้น (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549)

1.5 การตรวจสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนจะทำให้การเรียนรู้ในหัวข้อนั้นและหัวข้อต่อไป ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งนำไปสู่มโนมติที่คลาดเคลื่อนต่อไป (เชษฐา ปัทมสีแก้ว, 2561, น. 108; วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 1) ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องสำรวจมโนมติที่คลาดเคลื่อนและทำการแก้ไขเพื่อให้ผู้เรียนเกิดมโนมติที่ถูกต้อง (เชียดฟ้า แซ่ฉิน, 2536, น. 5; ฉันทนาพร แสงสุทธิเศรษฐ์, 2562, น. 107) ในการตรวจสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาเครื่องมือและวิธีการในการตรวจสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หรือบางครั้งเรียกว่าการวินิจฉัยการเรียนรู้ มาใช้กันอย่างหลากหลายเช่น การสังเกต (Observation) การสัมภาษณ์ (Interview) การใช้แบบสอบถามปลายเปิด (Open ended questionnaires) การใช้แบบทดสอบ วินิจฉัย (Diagnostic test) การใช้แบบวัดความถนัด (Aptitude test) การใช้แผนผังความคิด (Concept mapping) (ศิริเดช สุชีวะ, 2546, น. 256) เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้มากที่สุดในการวินิจฉัยการเรียนรู้ หรือ ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน คือ แบบทดสอบวินิจฉัย (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 37; พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553, น. 70; สังวาลย์ อติรัตนวงษ์, 2556, น. 39; อิสราพร เภรินทวงค์ 2557, น. 31) ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยธรีกัสท์และการ์เน็ท (Treagust & Garnett, 1992, pp. 159)

แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนชนิดหนึ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และวินิจฉัยทักษะพื้นฐาน ระดับความรู้ และการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคลเพื่อระบุว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้ความเข้าใจในมโนมติ หรือมีจุดบกพร่อง จุดด้อย ปัญหาอุปสรรค ความยากลำบาก ความไม่เข้าใจในการเรียนเรื่องใด รวมทั้งสาเหตุของจุดบกพร่องในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ ของแบบทดสอบนั้น โดยการวิเคราะห์ผลนั้นจะไม่คำนึงถึงคะแนนรวมแต่คำนึงถึงรูปแบบของคำตอบเป็นสำคัญ เพื่อที่ครูจะได้สอนซ่อมเสริม แนะแนว ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม เพื่อแก้ไข จุดบกพร่องและปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ถูกต้องและตรงจุด ทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ใน การเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น (Treagust & Garnett, 1992, pp. 159) จากการทบทวนวรรณกรรม เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ารูปแบบของแบบทดสอบวินิจฉัยที่ใช้ตรวจสอบความเข้าใจมโนมติในงานวิจัยมี 3 รูปแบบ ได้แก่

1. แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น

คาเลออน ไอเมลดาและซุบรามาเนียม (Caleon& Imelda, 2009, pp. 313; Treagust & Garnett, 1992, pp. 163) และไท (Tsai, 2002, pp. 158) ได้พัฒนาแบบทดสอบ

วินิจฉัยสองลำดับขั้นขึ้นมาจากแบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple choice questions) เนื่องจากแบบทดสอบเลือกตอบมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถแยกคำตอบที่ถูกต้อง จากเหตุผลที่ถูกต้องกับคำตอบที่ถูกต้องจากเหตุผลที่ไม่ถูกต้องได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มส่วนของเหตุผลของคำตอบเข้ามา แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นจึงประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ คำตอบของคำถาม เรียกว่าส่วน A-tier เป็นส่วนที่วัด การตอบสนองทางด้านความรู้ในเนื้อหาหรือความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ที่ประกอบด้วยตัวเลือกต่าง ๆ โดยมี 1 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และ ตัวเลือกอื่น ๆ เป็นตัวลวงซึ่งจะแสดงมโนมติที่คลาดเคลื่อน

ส่วนที่ 2 คือ เหตุผลของคำตอบ เรียกว่าส่วน R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้หรือการตอบสนองเหตุผลของคำตอบในส่วน A-tier มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ โดยมโนมติที่คลาดเคลื่อนนี้ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ ผู้เรียน หรือการวิจัย

ข้อดีของแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นคือ ทำให้ทราบว่าการที่ผู้เรียนตอบถูกนั้นมาจากเหตุผลที่ถูกต้องหรือไม่ และทราบเหตุผลของผู้เรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนอีกด้วย รวมทั้งแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นยังลดโอกาสในการเดาคำตอบที่ถูกต้องของผู้เรียนได้มากกว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบโดยทั่วไปมาก โดยผู้เรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้งส่วน A-tier และส่วน R-tier ดังนั้นโอกาสที่ผู้เรียนจะเดาคำตอบได้ถูกต้องมีเพียงร้อยละ 4 เท่านั้น (Tuysuz, 2009, pp. 627) ซึ่งต่างจากแบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบปกติที่มีโอกาสเดาคำตอบถูกต้องถึงร้อยละ 25 ในกรณีเป็นแบบตัวเลือก 4 คำตอบ

แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นนี้มีข้อจำกัดคือไม่สามารถแยกคำตอบที่ผิดจากการมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) กับคำตอบที่ผิดจากการขาดความรู้ (Lack of knowledge) ได้ ดังนั้นจึงทำให้การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของมโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนสูงเกินไป นอกจากนี้ยังไม่สามารถแยกคำตอบที่ถูกต้องจากการที่มีความเข้าใจที่แท้จริง (Genuine understanding) กับคำตอบที่ถูกต้องจากการเดา (Guessing) ได้ (Caleon& Imelda, 2009, pp. 314; สุพรรษา หอมฤทธิ์, 2559, น. 38)

2. แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น

แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นคือแบบทดสอบที่ได้พัฒนาจากแบบทดสอบ วินิจฉัยสองลำดับขั้นโดยได้มีการเพิ่มระดับความมั่นใจ (Level of confidence) ใน

คำตอบ เป็นระดับความมั่นใจของคำตอบ ของคำถามและเหตุผลของคำตอบ ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นจึงประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ คำตอบของคำถาม เรียกว่าส่วน A-tier เป็นส่วนที่วัด การตอบสนองทางด้านความรู้ในเนื้อหาหรือความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ที่ประกอบด้วยตัวเลือกต่าง ๆ โดยมี 1 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และ ตัวเลือกอื่น ๆ เป็นตัวลวงซึ่งจะแสดงมโนมติที่คลาดเคลื่อน

ส่วนที่ 2 คือ เหตุผลของคำตอบ เรียกว่าส่วน R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้หรือการตอบสนองเหตุผลของคำตอบในส่วน A-tier มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ หรือเติมคำตอบ โดยมโนมติที่คลาดเคลื่อนนี้ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ ผู้เรียน หรือการวิจัย

ส่วนที่3 คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของส่วนที่ 1 (A-tier) และ 2 (R-tier) มี 2 ตัวเลือกคือ มั่นใจและไม่มั่นใจ ในคำตอบ

แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นสามารถแยกมโนมติที่คลาดเคลื่อนออกจากการขาดความรู้ได้ โดย ผู้เรียนที่ตอบผิดและมั่นใจในคำตอบ แสดงว่าผู้เรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน และผู้เรียนที่ตอบผิดแต่ไม่มั่นใจในคำตอบ แสดงว่าผู้เรียนขาดความรู้ในเนื้อหานั้น ๆ (Caleon& Imelda, 2009, pp. 314-315; สุพรรษา หอมฤทธิ์, 2559, น. 39)

แต่แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นนี้มีข้อจำกัด คือ ยังขาดความชัดเจนในการให้ระดับความมั่นใจในคำตอบของผู้ทดสอบ ถ้าผู้ทดสอบมีความมั่นใจในคำตอบของส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แตกต่างกัน (Caleon& Imelda, 2009, pp. 315) ซึ่งอาจจะทำให้ผู้ทดสอบเกิดความสับสนในการให้ระดับความมั่นใจได้

3. แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น

แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น คาเลออนและซุบรามาเนียม (Caleon& Imelda, 2009, pp. 315-316) ได้กล่าวว่า เป็นแบบทดสอบที่พัฒนามาจากแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นและแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นและแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นโดยมีการเพิ่มระดับความมั่นใจ (Level of confidence) ในคำตอบ ทั้งในส่วนของคำตอบของคำถาม (A-tier) และเหตุผลของคำตอบ (R-tier) จึงทำให้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นจึงประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ คำตอบของคำถาม เรียกว่าส่วน A-tier เป็นส่วนที่วัดความรู้ ในเนื้อหา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม

ส่วนที่ 3 คือ เหตุผลของคำตอบ เรียกว่าส่วน R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ หรือ ให้คำตอบ (อัตนัย)

ส่วนที่ 4 คือ ระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ

1.6 การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบมโนมติทางเคมี

เนื่องจากแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยจุดบกพร่อง และสาเหตุของจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นจึงมีลักษณะและวิธีการสร้างที่แตกต่าง ไปจากแบบทดสอบทั่วไป ซึ่งในการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยนั้นได้มีนักการศึกษาระบุขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบไว้หลากหลาย จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ขั้นตอนของการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อตรวจสอบมโนมติทางเคมี สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการทดสอบ
2. ศึกษา วิเคราะห์ เนื้อหา ทักษะ และจุดมุ่งหมายในเนื้อหาที่ต้องการทดสอบ
3. ระบุหรือสร้างข้อความรู้เชิงประพจน์
4. สร้างแผนผังความคิด
5. ตรวจสอบความถูกต้องของความรู้เชิงประพจน์และแผนผังความคิด โดยผู้เชี่ยวชาญ
6. กำหนด จุดประสงค์การเรียนรู้ สำรวจมโนมติคลาดเคลื่อนที่มักพบ เพื่อสร้างตัวลวง
7. สร้างแบบทดสอบ และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ
8. ทดลองใช้ และหาคุณภาพของแบบทดสอบ
9. ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ อาจมีการสัมภาษณ์ผู้ทดสอบเพิ่มเพื่อแก้ไขในส่วนเหตุผลของคำตอบ
10. สร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบ

(Treagust & Garnett, 1992, pp. 161-164; นวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม, 2547, น. 70-71; บุญชม ศรีสะอาด, 2540, น. 37; ศิริเดช สุชีวะ, 2546, น. 259-260; สุพรรษา หอมฤทธิ์, 2559, น. 38)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นเนื่องจากเป็นแบบทดสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนและขาดมโนมติออกจากกันได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าแบบทดสอบวินิจฉัย 2 ลำดับขั้น และหากชี้แจงกับผู้เรียนเพื่อทำความเข้าใจใน

ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นได้เข้าใจในเบื้องต้นก่อนทำการทดสอบแล้ว จะสะดวกต่อการแปลผลกว่าแบบทดสอบวินิจฉัย 4 ลำดับขั้นที่มีการแปลผลที่ซับซ้อนและตีความลำบากกว่า และเลือกใช้วิธีการพัฒนาแบบทดสอบตามแนวทางของ Treagust ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง แนวคิดเชิงประพจน์ สร้างแผนผังมโนมติและตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 2) สำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อหามโนมติคลาดเคลื่อนที่มักพบในบทสมดุลเคมี 3) พัฒนาแบบทดสอบมโนมติสามลำดับขั้น โดยส่วนที่ 1 เป็นตัวเลือกคำตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลของคำตอบโดยการเขียนคำตอบ และส่วนที่ 3 เป็นตัวเลือกแสดงความมั่นใจในคำตอบ 4) เก็บข้อมูลแบบทดสอบกับผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว และสัมภาษณ์ผู้เรียน เพื่อหามโนมติคลาดเคลื่อนเพิ่มเติม 5) วิเคราะห์มโนมติคลาดเคลื่อนที่พบจากขั้นที่ 4 มาสร้างตัวเลือกในส่วนการให้เหตุผล 5 ตัวเลือก ทำให้ได้แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี ที่เป็นแบบเลือกตอบทั้งสามลำดับ 6) ประเมินแบบทดสอบรายข้อโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน 7) เก็บข้อมูลแบบทดสอบกับผู้เรียนจำนวน

1.7 การจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ในการจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติของผู้เรียน งานวิจัยต่าง ๆ ได้มีวิธีการจัดกลุ่มแนวคิดได้หลายแบบ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

รูปแบบที่ 1 แบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนมติออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ (Khalick, 2000, pp. 1058)

1. ความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (Informed understanding) หมายถึง ผู้เรียนสามารถอธิบาย ขยายความและยกตัวอย่างในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมโนมติของประชาคมวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (Adequate underdtanding) หมายถึง ผู้เรียนสามารถอธิบาย ขยายความในแต่ละประเด็นได้สอดคล้องกับมโนมติที่ได้รับการยอมรับแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

3. ความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Inadequate understanding) หมายถึง ผู้เรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากมโนมติที่ได้รับการยอมรับ

รูปแบบที่ 2 แบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนมติออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ (Kurniawa, 2018, pp. 14; Milenkovic, 2016, pp. 1519; Prodjosantoso, 2019, pp. 1481; ปัทมาพร ณ น่าน, 2561, น. 204; มนัสสิริ อินทร์สวาท, 2017, น. 414-415)

1. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) หมายถึง คำตอบของผู้เรียน ถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

2. ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) หมายถึง คำตอบของผู้เรียน ที่ถูกแต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน หรือถูกต้องบางส่วน

3. ความขาดมโนมติ (Lack of Knowledge) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนไม่ถูกต้องเลย และไม่มั่นใจในคำตอบของตน

4. การตอบถูกจากการเดา (Guessing) หมายถึง คำตอบที่ถูกต้องโดยไม่มั่นใจในคำตอบ

รูปแบบที่ 3 แบ่งระดับความเข้าใจมโนมติของผู้เรียนเป็น 5 ระดับได้ดังนี้ (ปวีนา งามชัด, 2556, น. 166-167)

1. ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Scientific Understanding: SU) หมายถึง คำตอบของนักเรียน ถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

2. ความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกแต่การให้เหตุผลขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with misunderstanding: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่มีบางส่วนที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายคำตอบ

4. ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) หมายถึง คำตอบของนักเรียน คลาดเคลื่อนทั้งหมด

5. ความไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงคำถามหรือ นักเรียนไม่ตอบคำถาม

ซึ่งจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การจำแนกกลุ่มมโนมติของนักเรียนอ้างอิงจากการวิเคราะห์ของแบบวัดมโนมติชนิดที่ต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการจำแนกกลุ่มมโนมติวิทยาศาสตร์จากแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี 3 ลำดับขั้น ที่ผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบ เป็นแบบ 4 กลุ่ม ดังตารางนี้ (Kurniawa, 2018, pp. 14; Milenkovic, 2016, pp. 1519; Prodjosantoso, 2019, pp. 1481; ปัทมาพร ณ น่าน, 2561, น. 204; มนัสสิริ อินทร์สวาท, 2017, น. 414-415)

ตาราง 1แสดงการวิเคราะห์ผลจากแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับ เรื่องสมดุลเคมี

ส่วนคำตอบ (ลำดับที่ 1)	ส่วนเหตุผล (ลำดับที่ 2)	ความมั่นใจ (ลำดับที่ 3)	ประเภท
ถูก	ถูก	มั่นใจ	มโนมติทางวิทยาศาสตร์
ถูก	ถูก	ไม่มั่นใจ	เดาถูก
ถูก	ผิด	ไม่มั่นใจ	การเดา
ผิด	ถูก	ไม่มั่นใจ	
ผิด	ผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้
ถูก	ผิด	มั่นใจ	มโนมติ
ผิด	ถูก	มั่นใจ	คลาดเคลื่อน
ผิด	ผิด	มั่นใจ	

2. การเปลี่ยนแปลงมโนมติ

2.1 ความหมายของการเปลี่ยนแปลงมโนมติ

นักการศึกษามีความเชื่อว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ แนวความคิดหรือความหมายด้วยตัวเขาเอง โดยอาศัยความรู้มโนมติเดิมที่มีอยู่ก่อน (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 14)ให้เกิดการสร้างทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ว่า การเรียนรู้เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างมโนมติใหม่กับ มโนมติเดิมที่มีอยู่แล้ว ถ้ามโนมติทั้งสองบูรณาการกันได้ การเรียนรู้จะดำเนินไปอย่างราบรื่น แต่ถ้าไม่ได้ จะมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแนวความคิดเดิมที่มีอยู่จึงจะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ (Hewson & Hewson, 2003, pp. 6) โดยโพสเนอร์ (Posner, 1982, pp. 212) ได้เสนอรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนมติว่ามี 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ผู้เรียนมีมโนมติเดิมอยู่ก่อนสำหรับใช้ในการเผชิญหน้ากับปรากฏการณ์ใหม่ ระยะที่ 2 เป็นระยะที่มโนมติเดิมไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม จะเกิดการปรับปรุงแก้ไขมโนมติในขั้นนี้ เรียกขั้นปรับปรุงมโนมติ โดยโพสเนอร์ได้เสนอต่อว่า การทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมตินั้น จะต้องมีเงื่อนไข 4 ประการ ดังนี้ 1)

เกิดความไม่พึงพอใจในมโนมติเดิม เพราะไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ 2) มโนมติใหม่เป็นสิ่งที่เข้าใจได้ 3) มโนมติใหม่สามารถแก้ปัญหาที่เผชิญใหม่ได้ หรือมีความสอดคล้องกับมโนมติอื่น ๆ 4) มโนมติใหม่เป็นประโยชน์ในการชี้นำการวิจัย หรือนำไปใช้ประโยชน์ได้

จากที่กล่าวมาจึงสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติเชื่อว่า การเรียนรู้เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ใหม่กับมโนมติเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว ในกระบวนการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนสามารถนำมโนมติเดิมเชื่อมโยงกับสิ่งได้เรียนรู้ได้ เรียกกระบวนการนี้ว่าการยอมรับมโนมติใหม่ แต่ถ้าผู้เรียนมีความรู้เดิมไม่เพียงพอและยังไม่ถูกต้อง เรียกมโนมตินี้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งยากต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลง จะต้องใช้กระบวนการที่เหมาะสมจึงจะสามารถแก้ไขมโนมติที่ผิดพลาดนี้ได้ และเมื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ เรียกกระบวนการนี้ว่าการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ซึ่งผู้เรียนที่ใช้ทั้งกระบวนการ ยอมรับมโนมติใหม่ และ การเปลี่ยนแปลงมโนมติ อย่างสมดุลกัน เพื่อทำให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างมโนมติเดิมที่มีกับประสบการณ์ ความรู้ใหม่ที่ได้รับ (Pintrich, Marx, & Boyle, 1993, pp. 171)

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงมโนมติ จึงหมายถึง การเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ ซึ่งวัดได้จากเครื่องมือการวัดมโนมติ

2.2 การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ

มโนมติเดิมเป็นสิ่งที่ยากต่อการแก้ไข (Pintrich et al., 1993, pp. 170) จึงต้องมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมจึงจะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ได้ จากเอกสาร หนังสือ งานวิจัย พบว่ามีการจัดการเรียนรู้เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมตินั้นหลายแบบ สรุปได้ ดังนี้

2.2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CIPPA

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CIPPA เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลและสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติจริงทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CIPPA สามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนได้ (นิตยา ฤทธิ, 2016, น. 158; อัศวิน พุ่มมรินทร์, 2556, น. 100) ซึ่งมีหลักในการจัดกิจกรรมดังนี้

1. Construct คือ การให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ใช้กระบวนการแสวงหาข้อมูล ทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ ตีความหมาย สร้างความหมาย สังเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อความรู้

2. Interaction คือ การให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันเอง เรียนรู้ร่วมกัน แลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์กัน

3. Participation คือ การให้ผู้เรียนมีบทบาท มีส่วนร่วมในการเรียนรู้

4. Process คือ การให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการที่ได้ข้อสรุปออกมา

5. Application คือ การให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

โดยทิศนา แขมมณี (2558, น. 282-284) ได้กล่าวถึง ข้อดีและข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CIPPA ซึ่งสอดคล้องกับ อัศวิน พุ่มมรินทร์ (2556, น. 11) ดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง
2. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน
3. มีการใช้ทักษาะกระบวนการในการสร้างความรู้

ข้อจำกัด

1. ครูต้องมีความรู้และการเตรียมตัวล่วงหน้าที่ดี ทั้งในด้านการเตรียมตนเอง เตรียมด้านการสอน และการเตรียมในการวัดและประเมินผล

2. ผู้เรียนต้องมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตน โดย เข้าร่วมกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น ยอมรับฟังความเห็นของผู้อื่น และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

2.2.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา (Problem Centered Learning Model: PCLM)

ในปี 1991 เวทเลย์ (1991, pp. 15) ได้เสนอแนวความคิดว่าทั้งครูและผู้เรียนเป็นผู้สร้างความหมาย การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียนถือว่าเป็นกระบวนการเจรจาเพื่อให้ได้มาซึ่งความหมายที่เหมาะสม โดยผู้เรียนจะต้องถูกกระตุ้นให้สร้างแนวความคิดด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสจัดระเบียบความรู้ลงในกรอบความคิดในการแก้ปัญหา โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา สามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนได้ ซึ่งรูปแบบการสอนPCLM ประกอบด้วย 3 ขั้น (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2537, น. 37-38) ดังนี้

1. การสร้างปัญหา ครูทำหน้าที่ในการตั้งปัญหา ผู้เรียนจะอาศัยแนวความคิดเดิมที่มีอยู่แล้ว ในการแก้ปัญหาเหล่านั้น ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนจะมีวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน

2. การแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาร่วมกันแล้ว ครูแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อยเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กันก่อให้เกิดภาวะไร้สมดุล

ทางความคิด นำไปสู่การค้นหาแนวทางปรับโครงสร้างความคิดใหม่จนกลับเข้าสู่สมดุล ทำให้ได้ความรู้แนวความคิดหรือคำตอบของปัญหาร่วมกัน

3. การแลกเปลี่ยนความคิด ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะนำเสนอคำตอบของปัญหาที่ค้นพบให้กับผู้เรียนในกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่าวิธีการ คำตอบของกลุ่มใดถูกหรือผิด

โดยประสาท เนืองเฉลิม (2558, น. 168-170) ได้กล่าวถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการแก้ปัญหานั้น มีข้อดี และข้อจำกัดดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนมีแรงจูงใจ ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2. ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ใช้ความคิดที่ประยุกต์จากสิ่งที่เรียนรู้นำมาแก้ปัญหา

3. ผู้เรียนได้รับการฝึกทักษะการแก้ปัญหา

4. ผู้เรียนได้ฝึกการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

ข้อจำกัด

1. ผู้สอนต้องวางแผนการจัดการเรียนการสอน เตรียมสื่ออุปกรณ์การเรียนการสอน อย่างรอบคอบ

2. ผู้สอนต้องมีการปรับเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยปัญหาที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนควรมีความสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน และสามารถจูงใจให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า

3. ผู้สอนต้องมีความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างลึกซึ้งและเชื่อมโยงกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

2.2.3 รูปแบบการสร้างความรู้ (Generating Learning Model: GLM)

ออสบอร์น และวิททรอค (Osborne & Wittrock, 1983, pp. 489-500) เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ GLM โดยเชื่อว่า สมองของมนุษย์ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นผู้รับหรือบริโภคความรู้ในลักษณะการสะสมสิ่งของ แต่สมองจะสร้างความหมายจากข้อสนเทศที่ได้รับและลงข้อสรุปวินิจฉัย โดยความรู้ที่จดจำไว้ในสมองจะทำปฏิกิริยากับข้อสนเทศเชิงประสบการณ์ที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการใส่ใจจดจำ กับข้อสนเทศบางอย่าง แล้วสร้างความหมายใหม่นั้นจากข้อสนเทศ จากนั้นจะบันทึกไว้ในความทรงจำระยะยาว ซึ่งรูปแบบการสร้างความรู้ สามารถ

เปลี่ยนแปลงมโนมติได้ (สุภกิจ จวงจันทร์, 2547, น. 55) โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ GLM มี 4 ขั้นดังนี้ (สุภกิจ จวงจันทร์, 2547, น. 51)

1. การเลือกการรับรู้ เป็นการใช้ความรู้และกระบวนการทางสติปัญญาที่เก็บไว้ในความทรงจำระยะยาวสำหรับเลือกความสนใจ หรือใส่ใจต่อปราบการณ์ที่มีแล้วทำให้เกิดการเรียนรู้มากมาย

2. การสร้างความหมาย เป็นระยะที่มีการสร้างความหมายจากข้อสนเทศที่ได้เรียนรู้จากขั้นที่แล้ว เข้ากับข้อสนเทศเดิมที่มีอยู่แล้ว

3. การประเมินความหมาย เป็นการประเมินหรือตรวจสอบความหมายชั่วคราวที่สร้างขึ้นจากการเชื่อมโยงในขั้นที่ 2เพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผล ความน่าเชื่อถือ

4. การเปลี่ยนแปลงความรู้ เนื่องจากมีการตรวจสอบจากขั้นที่แล้ว ผลที่ได้อาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความรู้เดิมที่เก็บไว้ ทำให้เกิดความรู้ใหม่หรือมโนมติใหม่เกิดขึ้น

โดยเสาวลักษณ์ พิมพ์ดี (2554, น. 58) กล่าวว่า รูปแบบการสร้างความรู้จากพื้นฐานความรู้เดิมมีข้อดี คือ

1. ผู้เรียนได้เกิดความรู้ จากการเชื่อมโยงความรู้หรือข้อสนเทศที่ได้เรียนรู้กับความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว

2. ในการจัดการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้อย่างกระฉับกระเฉง เนื่องจากได้รับแรงจูงใจรวมกับความสนใจในสิ่งเร้าต่าง ๆ

และ สุภกิจ จวงจันทร์ (2547, น. 20-21) ได้กล่าวว่า รูปแบบการสร้างความรู้จากพื้นฐานความรู้เดิมมีข้อควรระวังคือ

1. ครูผู้สอนต้องตระหนักว่าผู้เรียนเรียนอะไรและจะได้สร้างอะไรจากการที่ครูเข้าไปสอนสิ่งที่เด็กสร้างขึ้นมาใหม่

2. หากผู้เรียนมีความรู้เดิมที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้อง จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ใหม่ที่ไม่ถูกต้อง หรือคลาดเคลื่อนขึ้นได้

3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ต้องเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเลือกสนใจเชื่อมโยงความรู้ใหม่ที่จะเข้าไป

นอกจากนี้ อนงค์รัตน์ แก้วบำรุง (2554, น. 55) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดไว้ดังนี้ ระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันทำให้ครูผู้สอนต้องมีความชำนาญและต้องคอยช่วยเหลือผู้เรียน

2.2.4 วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีหลายรูปแบบ เช่น วัฏจักรการเรียนรู้ 3 ขั้น วัฏจักรการเรียนรู้ 4 ขั้น วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น แต่ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง 2 รูปแบบได้แก่ วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เนื่องจากเป็น 2 รูปแบบที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ (Saksri, 2015, pp. 121; Xinxin, 2015, pp. 147; สุภาพ ตาเมือง, 2560, น. 12) โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 13) ได้กล่าวว่า เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปในลักษณะของวัฏจักร เป็นการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในกระบวนการจะเริ่มต้นจากการนำเขาสู่บทเรียนและจบที่การประเมินผล เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกัน ผลที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป และได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้เป็น 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่มีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรม ด้วยการซักถาม ทบทวนความรู้เดิม อธิบายกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explanation) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้จัดมโนมติที่มีอยู่เดิม กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เป็นหมวดหมู่ มีความสัมพันธ์กัน ถ้าเป็นกิจกรรมการทดลองการสำรวจสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ หรือการปฏิบัติ จะดำเนินไปด้วยตัวผู้เรียนเองโดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือเป็นผู้เริ่มต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้มีการนำความรู้ที่รวบรวมจากขั้นสำรวจ มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือมโนมติที่กำลังศึกษาอยู่

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Expansion) เป็นขั้นที่เน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นสำรวจและขั้นอธิบาย มาใช้ในกิจกรรม เพื่อลงข้อสรุปให้เห็นถึงความเข้าใจทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสปรับมโนมติหลักของตนเองในกรณีที่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นสุดท้ายโดยครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักของตนเอง โดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงมโนมติที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นขยายความรู้ ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใดรวมทั้งมีการยอมรับ

มากน้อยเพียงใด โดยข้อสรุปที่ได้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่าวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ (สุภาพ ตาเมือง, 2560, น. 8) เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการคิด และส่งเสริมให้ผู้เรียนเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลการทดลองที่ได้แล้วนำมาเปรียบเทียบเชื่อมโยงเข้ากับหลักการที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาอธิบายคำตอบของคำถามที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น (สุภาพ ตาเมือง, 2560, น. 12) แต่วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ทำให้ผู้เรียนพัฒนาคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติไม่สูงเท่าที่ควร (สุภาพ ตาเมือง, 2560, น. 8)

วัฏจักรการเรียนรู้ 7E หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ดำเนินการทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งอาศัยประสบการณ์และความรู้เดิมในการสร้างความรู้ใหม่ โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นหรืออำนวยความสะดวกในกระบวนการเรียนรู้ (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 27; ศิริกุล พลบูรณ์, 2550, น. 36) โดยผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโอยอาศัยวิธีการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่นกระบวนการสังเกต การวัด การตีความหมายของข้อมูล การทดลอง การทำนายผล (ศิริเดช สุชีวะ, 2546, น. 22) และเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างเป็นวัฏจักรต่อเนื่อง ซึ่งวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นนั้นมีที่มาและการพัฒนาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น

โดย Eisenkraft (2003, pp. 57-59) ได้ขยายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้น ออกเป็น 7 ขั้น เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการเรียนรู้ มีการถ่ายโอนความรู้และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด (Eisenkraft, 2003, pp.57) โดยมีการปรับขั้นนำเข้าสู่บทเรียนแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elication) และขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) และในขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินผล ได้มีการปรับเป็น 3 ส่วนคือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ซึ่งสรุปเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นดังนี้ (Eisenkraft, 2003, pp. 56-57; ประสาท เนืองเฉลิม, 2558, น. 141-143)

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ครูจะตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนด้วยการตั้งคำถาม การแสดงความคิดเห็นหรือใช้เกมและแบบทดสอบย่อยเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและเติมเต็มความรู้ที่ขาดให้กับผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) ครูกระตุ้นและเร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็นที่น่าสนใจ อาจมีการยกตัวอย่างการสาธิตและใช้สื่อประกอบ เช่น วีดีทัศน์ รูปภาพ เพลงและตัวอย่างจริง เป็นต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจ (Exploration Phase) ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสำรวจด้วยการตั้งคำถาม การท้าทายและยั่วยุในการทำกิจกรรม ตลอดจนให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในการออกแบบวางแผนการสำรวจ การตั้งสมมุติฐานและการลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการสร้างมโนทัศน์

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ครูให้คำแนะนำมโนทัศน์แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย เช่น ตาราง แผนภูมิ กราฟและภาพวาด เป็นต้น ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูล ตลอดจนสรุปและอภิปรายผลการทดลองโดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) ครูกระตุ้นผู้เรียนด้วยการตั้งคำถาม การอภิปรายและการแสดงความคิดเห็น เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่หรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการขยายขอบเขตความรู้ให้กว้างและลึกมากขึ้น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ครูประเมินผลการเรียนรู้ทั้งหมดของผู้เรียนด้วยวิธีต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ เช่น การตั้งคำถาม การทำแบบทดสอบ เกม การสังเกตพฤติกรรมและการใช้กลวิธีอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบประมวลความรู้และมโนทัศน์รวบยอดของผู้เรียนว่าผู้เรียนได้เกิดทักษะและการเรียนรู้มามากน้อยเพียงใดจากการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ครูกระตุ้นผู้เรียนด้วยการตั้งคำถามและการแสดงความคิดเห็นเพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ใหม่ๆ ได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษางานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ค้นพบว่ามีผู้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อเปลี่ยนมโนมติของผู้เรียนได้จริง (Anjum, 2013, pp. 17-18; Saksri, 2015, pp. 6-7; Xinxin, 2015, pp. 2; โสภา อรุณใหม่, 2557, น. 3; สุภาพ ตาเมือง, 2560, น. 11-12)

โดยประสาท เนืองเฉลิม (2558, น. 137-139) ได้กล่าวถึงวิธีการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะนี้นั้น มีข้อดี และข้อจำกัดดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

2. ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้การหาความสัมพันธ์ของคำถามที่มาจากประสบการณ์ส่วนบุคคล

3.ความรู้ได้จากการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่จนเกิดเป็นความเข้าใจที่คงทน

4. ผู้เรียนคือผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งขึ้นกับความสามารถและความพร้อมทางการเรียนของแต่ละคน

5. ผู้เรียนจะเกิดการรู้คิด (Metacognition) จากกระบวนการทำงานร่วมกัน

6. ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมความเป็นประชาธิปไตย

ข้อจำกัด

1. ผู้สอนต้องใช้ระยะเวลาเตรียมการสอนนานมากกว่าปกติ

2. ใช้เวลาเรียนมากขึ้นกว่าปกติ

3. ถ้าสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัยหรือน่าสนใจ อาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายในบทเรียนการเรียน

4. การสอนแบบนี้อาจไม่เหมาะกับห้องเรียนขนาดใหญ่ เพราะต้องใช้เวลาและอุปกรณ์ทรัพยากรอื่น ๆ จำนวนมาก

2.2.5 ยุทธศาสตร์การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน

ฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003, pp. 35-43) ได้เสนอเงื่อนไขของมโนมติใหม่เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ว่ามีเงื่อนไข 3 ประการ ที่แนวความคิดใหม่จะบูรณาการเข้ากับแนวความคิดเดิมได้ คือ 1) แนวความคิดใหม่เข้าใจได้ง่าย (Intelligible) 2) แนวความคิดใหม่มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) 3) แนวความคิดใหม่มีประโยชน์ต่อผู้เรียน (Fruitful) และได้เสนอยุทธศาสตร์หรือกลยุทธ์ในการสอนประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ ประกอบด้วย

1. การบูรณาการ (Integration) มีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการการรับรู้มโนมติใหม่กับการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมหรือบูรณาการการรับรู้มโนมติต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน

2. การแยกความแตกต่าง (Differentiation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แยกการรับรู้มโนมติที่มีอยู่กับการรับรู้มโนมติอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่า ผู้เรียนจำเป็นต้องเห็นว่าสิ่งที่มีเหตุผลน่าเชื่อถือในสถานการณ์หนึ่ง อาจจะไม่น่าเชื่อถืออีกต่อไป ในสถานการณ์อื่นที่แตกต่างและซับซ้อนขึ้น

3. การแลกเปลี่ยน (Exchange) มีจุดมุ่งหมายเพื่อแลกเปลี่ยนการรับรู้มโนมติที่มีอยู่กับมโนมติใหม่ เพราะการรับรู้มโนมตินั้นขัดแย้งกัน ดังนั้นย่อมเป็นไปไม่ได้ที่การรับรู้มโนมติจะมีเหตุผล น่าเชื่อถือได้ทั้งคู่ จะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิม ในขณะเดียวกันแสดงให้เห็นว่า การรับรู้มโนมติใหม่สามารถอธิบายและทำนายได้มากกว่าอันเดิม

4. การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างบริบทที่เหมาะสมซึ่งมโนมติเชิงนามธรรมที่สำคัญสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์สามัญที่มีความหมาย การตั้งคำถามซึ่งจะต้องตอบโดยใช้มโนมติเชิงนามธรรมที่เพิ่งเรียนจะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ทำให้มองเห็นว่ามโนมติใหม่เหล่านี้ มีเหตุผลน่าเชื่อถือได้ และมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ

จากการศึกษางานวิจัย พบว่ามีผู้วิจัยที่ได้ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน แล้วบรรลุวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงมโนมติมากมาย (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 71; ปวีนา งามชัด, 2556, น. 256; สังวาลย์ อติรัตนวงษ์, 2556, น. 111; อิสราพร เภรินทวงค์ 2557, น. 91) ทั้งนี้ข้อดีและข้อจำกัดของยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันสามารถสรุปได้ ดังนี้

ข้อดี

1. มีการระบุยุทธศาสตร์ที่ใช้ในการสอนเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนอย่างชัดเจน ถึง 4 ยุทธศาสตร์ โดยในแต่ละยุทธศาสตร์มีจุดมุ่งหมายย่อยภายในที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ ทำให้ครูผู้สอนนำไปประยุกต์ใช้ได้ง่าย

2. มีการระบุลักษณะของมโนมติใหม่ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติไว้อย่างชัดเจน ทำให้ครูผู้สอนเตรียมตัวเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ง่าย

ข้อจำกัด

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ไม่มีรูปแบบ ขั้นตอนการสอนที่เป็นขั้นตอนที่แน่นอน ทำให้ผู้สอนออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้ยากกว่าทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติรูปแบบที่มีขั้นตอนที่แน่นอน (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 62-71; พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553, น. 114-115)

2.2.6 เทคนิคการจัดการเรียนรู้ของเฮสส์

เฮสส์ ได้เสนอเทคนิคการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติไว้ 3 ขั้นดังนี้ (Hesse, 1989, pp. 56-58)

1. ขั้นวินิจฉัย เป็นขั้นตอนในการวินิจฉัยแนวความคิดของผู้เรียน

2. ขั้นท้าทายความคิด เป็นขั้นที่ครูจะทำให้แนวความคิดเดิมของผู้เรียนถูกท้ายและถูกปฏิเสธไปในที่สุด

3. ขั้นเสริมแรงแนวความคิดที่ถูกต้อง หลังจากแนวความคิดเดิมถูกทำลายไปแล้ว และได้รับแนวความคิดใหม่ ครูจะยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ที่แนวความคิดใหม่สามารถใช้อธิบายได้ควบคู่กับการอธิบายว่าแนวความคิดเดิมจะใช้อธิบายไม่ได้

ซึ่งการศึกษางานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ที่ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ของเฮสส์แล้วสามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนได้ (ถนอมสิน วันสุดล, 2547, น. 90; บุญสม สุวรรณหงษ์, 2546, น. 80; ปฐมพงศ์ อัมประกา, 2546, น. 72; พงศ์ผกา ถิ่นแสนดี, 2547, น. 70).

โดยถนอมสิน วันสุดล (2547, น. 92-94) และ พงศ์ผกา ถิ่นแสนดี (2547, น. 72-73) ได้กล่าวถึงข้อดีของเทคนิคการจัดการเรียนรู้ของเฮสส์ ไว้ดังนี้

1. มีการสำรวจมโนมติเดิม และท้าทายมโนมติเดิมอย่างชัดเจน ผ่านขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เห็นได้ชัด

2. ช่วยให้ครูมีการเตรียมสอนและวางแผนการสอนมาเป็นอย่างดี เป็นขั้นตอน และเป็นระบบ มีตัวอย่างประกอบการอธิบาย

ปฐมพงษ์ อัปมระกา (2546, น. 75-76) ได้กล่าวถึงข้อควรระวังของการใช้เทคนิคการสอนของเฮสส์ ดังนี้ ต้องมีการเตรียมตัวที่ละเอียด วางลำดับการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ และป้องกันการเกิดมโนมติที่ผิดพลาด

จากศึกษาเอกสาร มโนมติ ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกยุทธศาสตร์การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตของฮิวสันและฮิวสัน มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี ซึ่งประกอบด้วยยุทธศาสตร์การสอน 4 ยุทธศาสตร์อันได้แก่ 1) การบูรณาการ (Integration) 2) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) 3)การแลกเปลี่ยน (Exchange) 4) การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) เนื่องจากเป็นยุทธศาสตร์ที่งานวิจัยจำนวนมากได้นำมาใช้และพบว่าสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้จริง นอกจากนี้ยังได้มีการอธิบายถึงลักษณะ

เงื่อนไขมโนมติใหม่ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติไว้ 3 เงื่อนไข ได้แก่ 1) แนวความคิดใหม่เข้าใจได้ง่าย (Intelligible) 2) แนวความคิดใหม่มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) 3) แนวความคิดใหม่มีประโยชน์ต่อผู้เรียน (Fruitful) ทำให้สามารถจัดการเรียนรู้เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างชัดเจน (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 71; ปวีนา งามชัด, 2556, น. 126; สังวาลย์ อติรัตนวงษ์, 2556, น. 111; อิสราพร เภรินทวงค์ 2557, น. 91) ซึ่งในการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมที่ไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ได้จนต้องแสวงหาและยอมรับมโนมติใหม่ที่เป็นประโยชน์เข้าใจได้ และสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ในที่สุด และนอกจากนั้น ยังเป็นยุทธศาสตร์ที่มีการระบุถึงลักษณะของมโนมติใหม่ได้ชัดเจน แตกต่างจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติรูปแบบอื่น ว่าต้องมีลักษณะอย่างไรจึงจะทำให้ผู้เรียนยอมรับและเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติเดิมสู่มโนมติใหม่ได้

2.3 ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003)

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการ กระบวนการ ขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและยอมรับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ใหม่ โดยฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003, pp. 35-43) ได้เสนอรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ว่ามีเงื่อนไข 3 ประการ ที่แนวความคิดใหม่จะบูรณาการเข้ากับแนวความคิดเดิมได้ องค์ประกอบของมโนมติใหม่ ต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. มโนมติต้องเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) ผู้เรียนต้องรู้ว่ามโนมติใหม่คืออะไร สามารถเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับมโนมตินั้น และเห็นว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่าย

2. มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติใหม่นี้เข้าใจได้ดีและเชื่อว่าเป็นความจริง น่าเชื่อถือ สามารถเชื่อมโยงมโนมติใหม่กับมโนมติอื่นๆที่มีอยู่เดิม

3. มีประโยชน์ (Fruitful) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติต้องมีประโยชน์ สามารถอธิบาย ทำนาย แก้ปัญหาชี้แนะวิธีการใหม่ๆได้

และได้เสนอยุทธศาสตร์หรือกลยุทธ์ในการสอนควรจะประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ ประกอบด้วย

1. การบูรณาการ (Integration) มีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการการรับรู้มโนมติใหม่กับการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมหรือบูรณาการการรับรู้มโนมติต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน ยุทธศาสตร์นี้เป็นยุทธศาสตร์ที่ใช้กันมากในการสอนวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน

2. การแยกความแตกต่าง (Differentiation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แยกการรับรู้มโนมติที่มีอยู่กับการรับรู้มโนมติอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่า ผู้เรียนจำเป็นต้องเห็นว่าสิ่งที่มีเหตุผลน่าเชื่อถือในสถานการณ์หนึ่ง อาจจะไม่น่าเชื่อถืออีกต่อไป ในสถานการณ์อื่นที่แตกต่างและซับซ้อนขึ้น

3. การแลกเปลี่ยน (Exchange) มีจุดมุ่งหมายเพื่อแลกเปลี่ยนการรับรู้มโนมติที่มีอยู่กับมโนมติใหม่ เพราะการรับรู้มโนมตินั้นขัดแย้งกัน ดังนั้นย่อมเป็นไปไม่ได้ที่การรับรู้มโนมติจะมีเหตุผล น่าเชื่อถือได้ทั้งคู่ จะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิม ในขณะเดียวกันแสดงให้เห็นว่า การรับรู้มโนมติใหม่สามารถอธิบายและทำนายได้มากกว่าอันเดิม

4. การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างบริบทที่เหมาะสมซึ่งมโนมติเชิงนามธรรมที่สำคัญสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์สามัญที่มีความหมาย การตั้งคำถามซึ่งจะต้องตอบโดยใช้มโนมติเชิงนามธรรมที่เรียนใหม่จะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ทำให้มองเห็นว่ามโนมติใหม่เหล่านี้ มีเหตุผลน่าเชื่อถือได้ และมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ

แม้ว่าจากงานวิจัยต่างระบุว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน สามารถเปลี่ยนมโนมติของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ไม่มีรูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนเรียนรู้ที่ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างมโนมติ ทำให้ครูผู้สอนไม่สามารถจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติได้สมบูรณ์เท่าที่ควร (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 71-62; พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553, น. 114-115) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน หรือนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่นที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนมาประยุกต์เข้ากับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ซึ่งจากงานวิจัยที่ได้ทำการสืบค้น ค้นพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ สามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนได้ (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 27; ศิริกุล พลบูรณ์, 2550, น. 36) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ สมาคมส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ส่งเสริมให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์สอนอยู่แล้ว จึงทำให้ผู้สอนมีความคุ้นเคยต่อการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้อยู่แล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะมาใช้ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ทั้งนี้เนื่องจากวัฏจักการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีหลายรูปแบบเช่น วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น และวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น แต่เนื่องจากวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีขั้นตอนการสอนที่สอดคล้องกับ

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันมากกว่า 5 ขั้น คือมีการตรวจสอบมโนมติเดิมของผู้เรียน มีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถทำให้เกิดการแข่งขันของมโนมติเดิมกับมโนมติใหม่ และมีการแสดงให้เห็นว่ามโนมติเดิมไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่นั้นได้ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติขึ้นในที่สุด การประยุกต์ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน กับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จึงน่าจะมีประสิทธิภาพที่ดีในการเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนให้มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

จากการสืบค้นงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่ามีนักการศึกษา นักวิจัยได้กล่าวถึงรูปแบบหรือทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติเป็นการเรียนรู้ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์ประสบการณ์ใหม่กับมโนมติเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้วโดยที่มโนมติเดิมทำหน้าที่เป็นกรอบความคิดสำหรับทำให้เกิดความเข้าใจและการแปลความหมายของข้อมูลที่ได้มาจากประสบการณ์ นอกจากนี้การมีมโนมติเดิมก็เป็นสิ่งที่ยากต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลง (Pintrich et al., 1993, pp. 170) ในกระบวนการเรียนรู้ตามรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนมติถ้าผู้เรียนมีความรู้ก่อนและสอดคล้องกับเนื้อหา

จะสามารถนำความรู้ใหม่ที่เรียนเข้าไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมได้ กระบวนการนี้เรียกว่า การซึมซับมโนมติ (Assimilation) แต่หากผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้นสมบูรณ์เพียงพอ แต่ยังไม่ถูกต้องหรือสอดคล้องกับมโนมติที่ผู้เชี่ยวชาญให้การยอมรับไว้อย่างสมบูรณ์ มโนมติของผู้เรียนแบบนี้เรียกว่ามโนมติที่ผิดพลาด ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากในการแก้ไขหรือมีความทนทานต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลง จึงต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมจึงจะแก้ไขได้ กระบวนการนี้เรียกว่า การปรับปรุงโครงสร้าง (Accommodation) ผู้เรียนจะใช้ทั้งกระบวนการ การซึมซับมโนมติ และ การปรับปรุงโครงสร้าง อย่างสมดุลเพื่อทำให้เกิดสภาวะสมดุลระหว่างมโนมติเดิมที่มีอยู่กับความรู้ประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ (Pintrich et al., 1993, pp. 171)โดยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันได้อาศัยหลักการดังกล่าว ผ่านยุทธศาสตร์การสอน 4 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ 1.) การบูรณาการ (Integration) มีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการการรับรู้มโนมติใหม่กับการรับรู้มโนมติที่มีเดิม หรือบูรณาการการรับรู้มโนมติต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน 2.) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แยกการรับรู้มโนมติที่มีอยู่กับการรับรู้มโนมติอื่นที่ใกล้เคียง

กันแต่มีความชัดเจนกว่า ทำให้ผู้เรียนเห็นว่าสิ่งที่มีเหตุผลน่าเชื่อถือในสถานการณ์หนึ่ง อาจจะไม่น่าเชื่อถืออีกต่อไป ในสถานการณ์อื่นที่แตกต่างและซับซ้อนขึ้น 3.) การแลกเปลี่ยน (Exchange) มีจุดมุ่งหมายเพื่อแลกเปลี่ยนการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมกับมโนมติใหม่ เพราะการรับรู้มโนมตินั้นขัดแย้งกัน ดังนั้นย่อมเป็นไปไม่ได้ที่การรับรู้มโนมติจะมีเหตุผล น่าเชื่อถือได้ทั้งคู่ จะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิม ในขณะเดียวกันแสดงให้เห็นว่า การรับรู้มโนมติใหม่สามารถอธิบายและมีประโยชน์ได้มากกว่าเดิม 4.) การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างบริบทที่เหมาะสมซึ่งมโนมติเชิงนามธรรมที่สำคัญสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์สามัญที่มีความหมาย การตั้งคำถามซึ่งจะต้องตอบโดยใช้มโนมติเชิงนามธรรมที่เรียนใหม่จะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ทำให้มองเห็นว่ามโนมติใหม่เหล่านี้ มีเหตุผลน่าเชื่อถือ และมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งองค์ประกอบของมโนมติใหม่ ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ต้องมีเงื่อนไข องค์ประกอบดังนี้ 1.) มโนมติต้องเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) ผู้เรียนต้องรู้ว่ามโนมติใหม่คืออะไร สามารถเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับมโนมตินั้น และเห็นว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่าย 2.) มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติใหม่นี้เข้าใจได้ดีและเชื่อว่าเป็นความจริง น่าเชื่อถือ สามารถเชื่อมโยงมโนมติใหม่กับมโนมติอื่นๆที่มีอยู่เดิม 3.) มีประโยชน์ (Fruitful) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติต้องมีประโยชน์ สามารถอธิบาย ทำนาย แก้ปัญหาชี้แนะวิธีการใหม่ๆได้

แต่เนื่องจากทฤษฎีการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสัน และฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003, pp. 35-43) นั้นมีข้อจำกัดคือไม่มีรูปแบบขั้นตอนการสอนที่แน่นอน และไม่สามารถสร้างมโนมติใหม่ได้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกนำการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นมาใช้ เนื่องจากวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นนั้นมีรูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจน และมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติที่มีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนอย่างชัดเจนดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั่นเอง

จากความหมายของทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้ในการวิจัยนี้นั้น หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนให้มีความถูกต้องสมบูรณ์โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน มาผนวกใช้ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อให้มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนต่อเนื่อง ตั้งแต่การ

สร้างมโนมติและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ในที่สุด โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 แสดงแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วัฏจักร 7 ขั้น (สสวท.)	ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson)	คำอธิบาย การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ผนวกเข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)		เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบความรู้ มโนมติเดิมของตนเองโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่ามโนมติเดิมที่ตนเองมีอยู่นั้นเป็นอย่างไรและนำไปเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนกับมโนมติใหม่ในขั้นต่อไป
2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase)		เป็นขั้นที่กระตุ้น เร้าความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อสร้างมโนมติในขั้นต่อไป

ตาราง 2 (ต่อ)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วัฏจักร 7 ขั้น (สสวท.)	ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson)	คำอธิบาย การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ผนวกเข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)	- การบูรณาการ (Integration) - การแยกความแตกต่าง (Differentiation) - การแลกเปลี่ยน (Exchange)	เป็นขั้นที่กระตุ้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสำรวจค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคำตอบของในประเด็นหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของตนเอง และแสวงหามโนมติใหม่

ตาราง 2 (ต่อ)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วัฏจักร 7 ขั้น (สสวท.)	ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson)	คำอธิบาย การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ผนวกเข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน
4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)	- การแยกความแตกต่าง (Differentiation) - การแลกเปลี่ยน (Exchange)	เป็นขั้นที่ผู้เรียน สร้างคำอธิบาย ข้อสรุปมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นก่อนหน้า โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน ซึ่งมโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้

ตาราง 2 (ต่อ)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วัฏจักร 7 ขั้น (สสวท.)	ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson)	คำอธิบาย การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ผนวกเข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน
5. ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase)	- การบูรณาการ (Integration) - การแลกเปลี่ยน (Exchange)	เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ โดยใช้สถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการขยายขอบเขตความรู้ มโนมติให้กว้าง ลึกและครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เกิดการยอมรับมโนมติใหม่และปฏิเสธมโนมติเดิมที่มีอยู่
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)	- การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging)	เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนประเมินมโนมติใหม่ของตนเอง ว่ามโนมติของตนเองนั้นมีประโยชน์ สามารถใช้ทำนาย อธิบาย และแก้ปัญหาได้ ดีกว่ามโนมติเดิม

ตาราง 2 (ต่อ)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วัฏจักร 7 ขั้น (สสวท.)	ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson)	คำอธิบาย การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ผนวกเข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)	- การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging)	เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติใหม่ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ไม่จำเป็นต้องจัดการเรียนรู้ให้ครบ 4 ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน แต่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนเกิดความพอใจในมโนมติใหม่ 3 เงื่อนไข ตามแนวทางของฮิวสันและฮิวสัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการยอมรับมโนมติใหม่ ปฏิเสธมโนมติเดิม และเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ในที่สุด ซึ่งการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นในแต่ละขั้นนั้น ให้ผู้สอนคำนึงถึงลักษณะสำคัญของแต่ละยุทธศาสตร์การสอน และมโนมติคลาดเคลื่อนที่มักพบในแต่ละมโนมตินั้น ว่ายุทธศาสตร์ที่จะสามารถเปลี่ยนมโนมติผู้เรียนจะได้ประสิทธิภาพดีที่สุด

3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

จากการศึกษางานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ยังไม่พบข้อมูล งานวิจัย ที่เกี่ยวกับการประยุกต์ร่วมกันของยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน (2003) และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์คำอธิบายขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ และบทบาทของผู้เรียนและครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อ

เปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อใช้อธิบายการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบความรู้ มโนมติเดิมของตนเองโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่ามโนมติเดิมที่ตนเองมีอยู่นั้นเป็นอย่างไรและนำไปเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนกับมโนมติใหม่ในขั้นต่อไป

3.2.2 ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้น เร้าความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อสร้างมโนมติในขั้นต่อไป

3.2.3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสำรวจ ค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาคำตอบของในประเด็นหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของตนเอง และแสวงหามโนมติใหม่

3.2.4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียน สร้างคำอธิบาย ข้อสรุปมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นก่อนหน้า โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน ซึ่งมโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้

3.2.5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ โดยใช้สถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการขยายขอบเขตความรู้ มโนมติให้กว้าง ลึกและครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เกิดการยอมรับมโนมติใหม่และปฏิเสธมโนมติเดิมที่มีอยู่

3.2.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนประเมินมโนมติใหม่ของตนเอง ว่ามโนมติของตนเองนั้นมีประโยชน์ สามารถใช้ทำนาย อธิบาย และแก้ปัญหาได้ ดีกว่ามโนมติเดิม

3.2.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติใหม่ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม

และจากการสังเคราะห์ข้างต้นสามารถสรุปบทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ได้ดังตารางที่ 3

ตาราง 3 แสดงบทบาทครูและผู้เรียนยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)	1.ใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การทำแบบทดสอบ การใช้คำถาม เทคนิค POE เพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน 2. ทบทวนมโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีซึ่งเกี่ยวข้องกับมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนจะเรียน	1. ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ สื่อ หรือรูปแบบต่าง ๆ ที่ครูยกมา
2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase)	1. สร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้อยากเห็น ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิด ทำให้ผู้เรียนเกิดการความสงสัย สนใจ	1. ตอบคำถาม คิดและตั้งคำถามจากสถานการณ์ สื่อการสอน หรืออข้อมูลต่าง ๆ

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)	1. สร้างสถานการณ์ กระตุ้นผู้เรียนให้ปฏิบัติกิจกรรมสำรวจ ค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูล 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียน ทำงานร่วมกันเก็บข้อมูล หลักฐานเพื่อเตรียมไว้ใช้ในการอธิบายในขั้นต่อไป 3. สังเกตการตอบโต้กันของผู้เรียน และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน	1. วางแผน เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานการณ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ สถานการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องเผชิญ 2. ลงมือปฏิบัติและให้ความร่วมมือกับผู้เรียนคนอื่นในการเก็บรวบรวมข้อมูลร่วมกัน พร้อมทั้งบันทึกข้อมูล
4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบาย ความคิด แนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของผู้เรียนเอง 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงหลักฐานในการให้เหตุผลและอธิบาย ลงข้อสรุป	1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นได้ 2. ฟังเพื่อน ครูอย่างคิดวิเคราะห์ 3. ถามคำถามในประเด็นที่น่าสนใจ 4. ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกต ในการอธิบายและลงข้อสรุปที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
5.ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ ขยายความรู้ ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิมที่ได้เรียนมาแล้ว	1. ใช้มโนมติเดิมที่มี ในการกำหนดจุดประสงค์ แก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง หรืออาศัยมโนมติเดิมตอบคำถาม อธิบายตามแต่สถานการณ์ที่ได้รับ 2. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ จากข้อมูลที่มี 3. บันทึกการสังเกตและอธิบาย
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)	1.สังเกตผู้เรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ 2. ประเมินความรู้และทักษะของผู้เรียนด้วยวิธีต่าง ๆ 3. กระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการ	1. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม 2. แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจในมโนมติที่ตนมี 3. ประเมินความก้าวหน้าความรู้ มโนมติของตนเอง ที่สร้างขึ้นมา

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)	1. สร้างสถานการณ์ที่โยงไปสู่สถานการณ์ที่มีความซับซ้อนหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้เห็นถึงประโยชน์ของมโนมติใหม่	1. นำมโนมติใหม่อธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการรียนรู้แบบ 7 ขั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า แบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

ขั้นที่ 2 แบบแผนการทดลอง

ขั้นที่ 3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 5 การจัดกระทำ การวิเคราะห์ข้อมูล และจริยธรรมวิจัย

1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

1.1 กลุ่มศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 48 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 โดยโรงเรียนมีลักษณะหลักสูตรคือ จัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีทั้งหมดจบใน 5 เทอมแรก และทบทวนความรู้ในเทอมสุดท้ายของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งกลุ่มศึกษาได้จากวิธีการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน

1.2 เนื้อหาที่ใช้ทดลอง ได้แก่ เนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ซึ่งมีเนื้อหาในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลเคมี และหลักของเลอชาเตอลิเอ

1.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาดำเนินการทดลองทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็นรายสัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง

2. แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยขั้นต้น (Pre – Experimental Research) ดำเนินการวิจัยตามแบบแผนวิจัยแบบ One - Group Pretest - Posttest Design (ล้วน สายยศ, 2538, น. 240) มีแบบแผนดังตารางที่ 4

ตาราง 4 แสดงแบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T_1	X	T_2

โดยที่ E แทน กลุ่มตัวอย่าง

T_1 แทน ความเข้าใจมโนมติเรื่องสมดุลเคมีก่อนเรียน

X แทน การเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ ฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการรียนรู้แบบ 7 ขั้น

T_2 แทน ความเข้าใจมโนมติเรื่องสมดุลเคมีหลังเรียน

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ในการเปลี่ยนมโนมติเรื่องสมดุลเคมี โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการรียนรู้แบบ 7 ขั้น จำนวน 8 แผน

2. แบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้นขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ซึ่งมีวิธีการในการพัฒนา ดังนี้

3.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ในการเปลี่ยนมโนมติเรื่องสมดุลเคมี โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษามโนมติ เรื่อง สมดุลเคมีจากหนังสือแบบเรียนและคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พ.ศ. 2551) และได้สรุปมโนมติเป็นแนวความคิดเชิงประพจน์ ซึ่งมีมโนมติ ทั้งหมด 14 ข้อ ดังนี้

ด้านที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

1.ปฏิกิริยาที่ดำเนินไปทิศทางเดียว หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สารตั้งต้นอย่างน้อยหนึ่งชนิดทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

2.ปฏิกิริยาผันกลับได้ หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับในระบบปิด โดยผลิตภัณฑ์สามารถทำปฏิกิริยากันแล้วให้สารตั้งต้นกลับคืนมา ทำให้มีทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบ

3.ปฏิกิริยาไปข้างหน้า หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารตั้งต้นเป็นผลิตภัณฑ์

4.ปฏิกิริยาย้อนกลับ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์กลับไปเป็นสารตั้งต้น

ด้านที่ 2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล

5.สมดุลไดนามิก เกิดขึ้น ณ ภาวะสมดุลที่ระบบมีอัตราของปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราของปฏิกิริยาย้อนกลับ ในระบบปิดโดยมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา

6.การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล หมายถึง การเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดขึ้นด้วยอัตราเร็วที่เท่ากันทำให้ปริมาณของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่

7.ค่าคงที่สมดุลคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล โดยค่าคงที่สมดุลคือสัดส่วนของผลิตภัณฑ์และสารตั้งต้น ซึ่งมีเลขชี้กำลังเป็นเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมีของสารนั้น โดยสารที่อยู่ในสถานะของแข็งและของเหลวไม่นำมาคิดค่าคงที่สมดุล เนื่องจากความเข้มข้นของสารมีค่าเท่ากับ 1

8.ค่าคงที่สมดุลบอกให้ทราบว่า ณ ภาวะสมดุลมีผลิตภัณฑ์หรือมีสารตั้งต้นอยู่ในระบบมากน้อยเพียงใดโดยที่

ถ้าค่า $K > 1$ แสดงว่ามีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นมาก

ค่า $K < 1$ แสดงว่ามีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นน้อย

9. ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี การเปลี่ยนแปลงสมการเคมีส่งผลให้ค่าคงที่สมดุลเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยที่

ผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาไปข้างหน้ากับค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย้อนกลับในปฏิกิริยาเดียวกันมีค่าเท่ากับ 1

ปฏิกิริยาที่เกิดจากปฏิกิริยาย่อยหลายขั้น ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยารวมมีค่าเท่ากับผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยในแต่ละขั้น

ด้านที่ 3 การรบกวนสมดุลเคมี

10.ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ได้แก่ 1. ความเข้มข้น 2. อุณหภูมิ 3. ความดัน ซึ่ง 3 ปัจจัยนี้สามารถทำให้ภาวะสมดุลเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลง

11.หลักของเลอชาเตอลิเอ กล่าวว่า “เมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุล แล้วถูกรบกวนด้วยปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ระบบจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดภาวะการรบกวนนั้นและปรับตัวเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง”

12.การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร มีผลต่อภาวะสมดุลของระบบแต่ไม่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล

ความเข้มข้นมีผลต่อภาวะสมดุลดังนี้

หากเพิ่มความเข้มข้นให้กับสารตั้งต้นนั่นคือเป็นการรบกวนสมดุล โดยสารตั้งต้นมีจำนวนมากขึ้น ระบบจึงต้องเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเพื่อลดภาวะการรรบกวนที่สารตั้งต้นดังนั้นจะมีผลิตภัณฑ์มากขึ้น

หากเพิ่มความเข้มข้นให้กับผลิตภัณฑ์นั่นคือเป็นการรบกวนสมดุล โดยผลิตภัณฑ์มีจำนวนมากขึ้น ระบบจึงต้องเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเพื่อลดภาวะการรรบกวนที่ผลิตภัณฑ์ดังนั้นสารตั้งต้นจะเพิ่มขึ้น

หากลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นนั่นคือเป็นการรบกวนสมดุล โดยสารตั้งต้นมีจำนวนลด ลงระบบจึงต้องเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเพื่อลดภาวะการรรบกวนที่สารตั้งต้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะลดลง

หากลดความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์นั่นคือเป็นการรบกวนสมดุลโดยผลิตภัณฑ์มีจำนวนลดลง ระบบจึงต้องเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเพื่อลดภาวะการรรบกวนที่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นสารตั้งต้นจะเพิ่มขึ้น

13.การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความดันของระบบ มีผลต่อระบบที่มีอนุภาคของสารที่อยู่ในสถานะแก๊สโดยมีผลต่อภาวะสมดุลของระบบแต่ไม่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล จะมีการเปลี่ยนแปลง 2 กรณีคือ

การรบกวนโดยการเพิ่มความดัน ระบบจะลดความดัน โดยระบบจะเปลี่ยนแปลงไปทางโมลรวมของสารในสมการเคมีด้านที่น้อยกว่า

การรบกวนโดยการลดความดัน ระบบจะเพิ่มความดันโดยระบบจะเปลี่ยนแปลงไปทางโมลรวมของสารในสมการเคมีด้านที่มากกว่า

14.การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีผลต่อทั้งภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล

หากเป็นระบบดูดความร้อน การเพิ่มความร้อนจะทำให้ระบบเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า ลดความร้อน จะทำให้ระบบเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ

ถ้าเป็นระบบคายความร้อน การเพิ่มความร้อนจะทำให้ระบบเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ ลดความร้อน จะทำให้ระบบเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า

3.1.2 รวบรวมมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง สมดุลเคมี จากงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง พบว่า ผู้เรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน 16 มโนมติ ดังนี้

3.1.2.1 การเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าสิ้นสุดลง (Gordon, 1992, pp. 22)

3.1.2.2 ณ ภาวะสมดุลสารต่าง ๆ จะมีสมบัติคงที่ (วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

3.1.2.3 ที่ภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ทุกตัวต้องมีปริมาณเท่ากัน (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549; ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

3.1.2.4 ปฏิกิริยาที่สามารถดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลได้นั้น เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลจะมีเฉพาะสารผลิตภัณฑ์เหลืออยู่ในระบบเท่านั้น (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

3.1.2.5 ปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเท่ากับปฏิกิริยาย้อนกลับเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เท่ากัน (วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

3.1.2.6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับก็ต่อเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน (ณัฐฐา พวงไพโรจน์, 2560, น. 20)

3.1.2.7 ณ ภาวะสมดุล ไม่สามารถระบุได้ว่าพบสารใด ปริมาณเท่าใด เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ (ณัฐฐา พวงไพโรจน์, 2560, น. 20)

3.1.2.8 ณ ภาวะสมดุล ของปฏิกิริยาเคมีไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น (Voska, 2000, pp. 162)

3.1.2.9 ณ ภาวะสมดุล อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549)

3.1.2.10 ในการคิดค่าคงที่สมดุลไม่นำสัมประสิทธิ์บอกจำนวนโมลในสมการเคมี มาคิดเป็นเลขยกกำลัง (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

3.1.2.11 เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลแล้ว เมื่อมีการรบกวนสมดุลจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีก (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 550; ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 91)

3.1.2.12 เมื่อมีการรบกวนสมดุลของระบบโดยการลดความดัน ความเข้มข้นของสารทุกตัวจะลดลง จึงไม่มีการปรับตัวเพื่อลดหรือเพิ่มความดันให้แก่ระบบ (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา , 2554, น. 87; วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

3.1.2.13 การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเสมอ (Ozemm, 2008, pp. 228; วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 114)

3.1.2.14 เมื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิแล้ว ค่าคงที่สมดุลจะไม่เปลี่ยนแปลง (ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 87)

3.1.2.15 การลดปริมาตรหรือเพิ่มความดันของระบบจะไม่มีผลกระทบหรือการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ต่อภาวะสมดุล (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549)

3.1.2.16 การเพิ่มความเข้มข้นของสารหรือการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เป็นการทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้าจึงทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์มากขึ้น (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550, น. 549)

3.1.3 ศึกษาแนวทางการเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อน จากงานวิจัยพบว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน เป็นแนวทางที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสามารถชี้ชัดได้ว่ามโนมติเดิมของผู้เรียนนั้นไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ได้อีกต่อไป ทำให้ผู้เรียนเกิดการยอมรับมโนมติใหม่ขึ้นมา (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 34) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแนวคิด มโนมติมีเงื่อนไขอยู่ 3 ประการคือ 1. มโนมติต้องเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) ผู้เรียนต้องรู้ว่ามโนมติใหม่คืออะไร สามารถเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับมโนมตินั้น และเห็นว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่าย 2. มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติใหม่นี้เข้าใจได้ดีและเชื่อว่าเป็นความจริง น่าเชื่อถือ สามารถเชื่อมโยงมโนมติใหม่กับมโนมติอื่นๆที่มีอยู่เดิม 3. มีประโยชน์ (Fruitful) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติต้องมีประโยชน์ สามารถอธิบาย ทำนาย แก้ปัญหาชี้แนะวิธีการใหม่ ๆ ได้

โดยยุทธศาสตร์การสอนควรจะประกอบไปด้วย 4 ยุทธศาสตร์ดังนี้

1. การบูรณาการ (Integration) เป็นการบูรณาการมโนมติใหม่เข้ากับมโนมติที่มีอยู่เดิม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

2. การแยกความแตกต่าง (Differentiation) เป็นการแยกมโนมติที่มีอยู่เดิมกับมโนมติอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่า ทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมมีเหตุ ผลน่าเชื่อถือที่เอื้อต่อสถานการณ์หนึ่งแต่สถานการณ์อื่นมโนมตินั้นอาจจะใช้ไม่ได้ เนื่องจากเป็นเหตุผลที่ไม่น่าเชื่อถือ

3. การแลกเปลี่ยน (Exchange) เป็นการเปลี่ยนมโนมติเดิมและรับมโนมติใหม่เข้ามา เนื่องจากมโนมติเดิมไม่สามารถอธิบายหรือทำนายสถานการณ์หนึ่งได้ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในความรู้เดิมของตนเอง

4. การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) เป็นการเชื่อมโยงมโนมติกับประสบการณ์ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเหล่านี้ มีเหตุผลน่าเชื่อถือและมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ (Hewson & Hewson, 2003)

3.1.4 ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ พบว่าวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น นั้นสามารถนำมาประยุกต์เข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน เพื่อป้องกันการเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและไม่ถูกต้องของผู้เรียนในกรณียังไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้ และสามารถเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนให้สมบูรณ์ขึ้นได้ในกรณีที่ได้รับการจัดการเรียนรู้มาแล้ว โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นที่ประยุกต์เข้ากับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน มีลักษณะสำคัญ คือมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติโดยอาศัยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมนั้นไม่สามารถใช้ได้ จากนั้นผู้เรียนสามารถสร้างมโนมติใหม่ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามโนมติใหม่นั้นมีประโยชน์ เข้าใจได้ และสามารถนำมาใช้ได้ ทำให้เกิดการยอมรับและเปลี่ยนแปลงมโนมติเดิมสู่มโนมติใหม่ได้ ซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบความรู้ มโนมติเดิมของตนเองโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่ามโนมติเดิมที่ตนเองมีอยู่นั้นเป็นอย่างไรและนำไปเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนกับมโนมติใหม่ในขั้นต่อไป

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้น เร้าความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อสร้างมโนมติในขั้นต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสำรวจ ค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาคำตอบของในประเด็นหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของตนเอง และแสวงหามโนมติใหม่

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียน สร้างคำอธิบาย ข้อสรุปมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นก่อนหน้า โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน ซึ่งมโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้

5. ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ โดยใช้สถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการขยายขอบเขตความรู้ มโนมติให้กว้าง ลึกและครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เกิดการยอมรับมโนมติใหม่และปฏิเสธมโนมติเดิมที่มีอยู่

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนประเมินมโนมติใหม่ของตนเอง ว่ามโนมติของตนเองนั้นมีประโยชน์ สามารถใช้ทำนาย อธิบาย และแก้ปัญหาได้ดีกว่ามโนมติเดิม

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติใหม่ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม

3.1.5 เสนอที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำในเรื่องการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ว่าขั้นตอนไหนสามารถใช้ยุทธศาสตร์ใดได้บ้าง นอกจากนี้ลักษณะของสถานการณ์ควรเป็นสถานการณ์ที่มาจากชีวิตประจำวันเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและนำไปใช้ของผู้เรียนมากที่สุด ผู้เรียนจึงจะเห็นประโยชน์และเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ตามเงื่อนไขของฮิวสัน และในแต่ละขั้นของยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน สามารถมียุทธศาสตร์ที่สอดคล้องได้อย่างยืดหยุ่นขึ้นกับลักษณะของการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3.1.6 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องสมดุลเคมี ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี จำนวน 8 แผน 12 ชั่วโมง โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

3.1.7 ตรวจสอบความสอดคล้องและความหมาะสมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ที่เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและเนื้อหาในรายวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อตรวจสอบด้าน ความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่าค่า IOC ในแต่ละส่วนอยู่ในช่วง 0.67-1.00 ซึ่งสามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นไปใช้ได้ จากนั้นปรับปรุงรูปแบบและแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในส่วนต่าง ๆ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดมีจำนวน 8 แผน 12 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตาราง 5 แสดงรายละเอียดหัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี

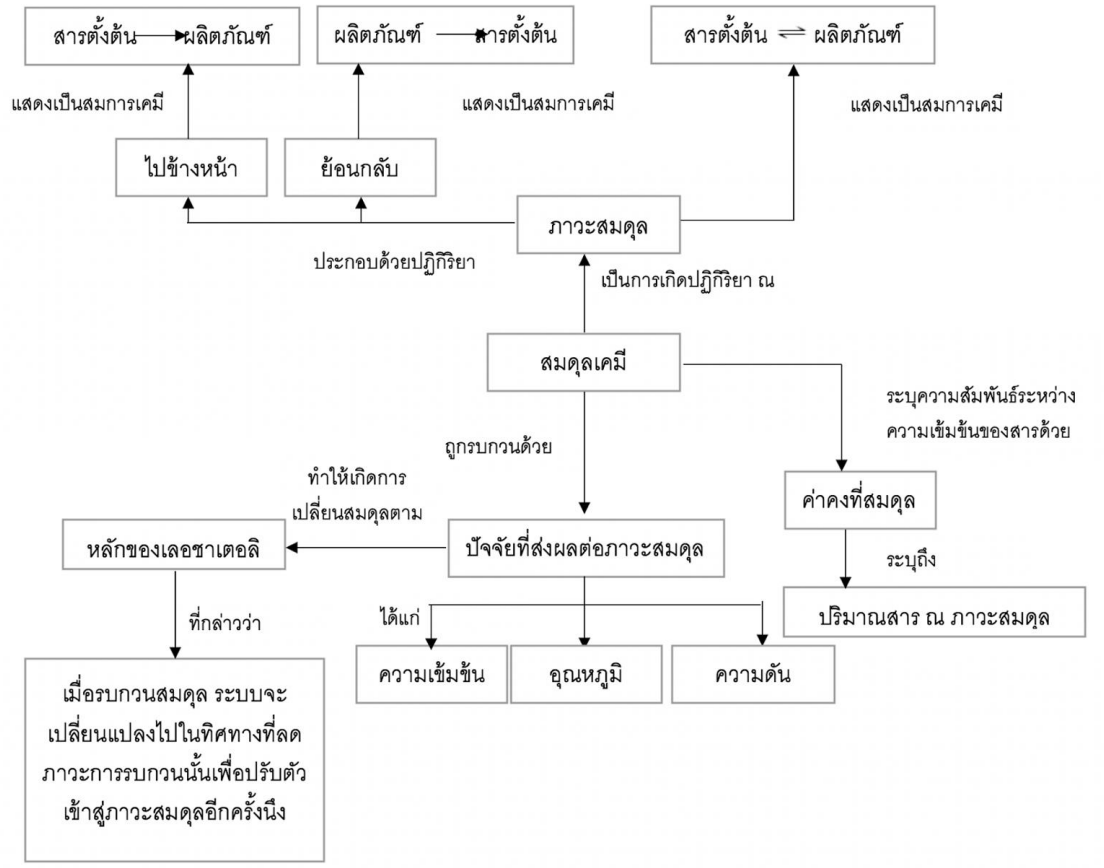
แผนที่	หัวข้อ	เวลา (คาบ)
1	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และภาวะสมดุล	2
2	ค่าคงที่สมดุล	1
3	ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี	2
4	การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล เมื่อทราบความเข้มข้นที่ภาวะสมดุล	1
5	การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล เมื่อไม่ทราบความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุล	2
6	ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล	1
7	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล เรื่องความเข้มข้นและอุณหภูมิ	2
8	ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล เรื่องความดัน	1

3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ศึกษานำร่องกับกลุ่มผู้เรียน ที่ผ่านการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน จำนวน 8 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อหาข้อบกพร่อง ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลาที่กำหนด จากการทดลองใช้พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการทดลองมักใช้เวลาเกินกว่าที่วางแผนไว้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จึงต้องมีการควบคุมเวลาให้ดี และกิจกรรมที่มีการอภิปรายความคิดของผู้เรียน ผู้เรียนบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือในการอภิปรายเท่าที่ควร จึงต้องมีการเสริมแรงให้ผู้เรียนทุกคน เสนอความคิด อภิปรายให้ได้มากที่สุด เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเขียนค่าคงที่สมดุล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องการคำนวณค่าคงที่สมดุล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 8 และ 9 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล

3.1.9 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้ร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่พร้อมสำหรับการศึกษาวิจัย

3.2 การสร้างแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยใช้หลักการออกแบบข้อสอบวินิจฉัยตัวเลือก 2 ระดับ ของ ธรีกัสท์ และการ์เน็ท (Treagust & Garnett, 1992, pp. 161-164) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นหลัก 7 ขั้นตอนย่อยดังนี้ คือ

3.2.1 การระบุเนื้อหา ผู้วิจัยได้ระบุเนื้อหาและแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่ต้องการวัดมโนมติเรื่องสมดุลเคมี ตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551: 32-74) จากนั้นได้จัดทำแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (ความรู้เชิงประพจน์) และได้สร้างแผนผังแนวคิด เรื่องสมดุลเคมี เพื่อให้มั่นใจว่าแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับที่สร้างสามารถครอบคลุมแนวคิดทั้งหมดที่ต้องการวัดได้ โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญ ที่เชี่ยวชาญเนื้อหาในรายวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และความสอดคล้องกับแผนผังแนวคิด โดยแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จัดทำ มีทั้งหมด 14 แนวคิด แบ่งเป็น 3 ด้าน ดังข้อ 3.1.1



ภาพประกอบ 2 แผนผังแนวคิดเชิงประพจน์ เรื่องสมดุลเคมี

จากนั้นได้นำแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (ข้อความเชิงประพจน์) และ แผนผังแนวคิดดังภาพประกอบที่ 2 ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้อง ซึ่งผลการประเมินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีความสอดคล้องกับแผนผังความคิดเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ จึงสามารถสรุปได้ว่าแนวคิดเชิงประพจน์สามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อ และได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในบางข้อเพื่อให้สมบูรณ์ถูกต้องมากยิ่งขึ้น เช่น จาก “สมดุลไดนามิก เกิดขึ้น ณ ภาวะสมดุลที่ระบบมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ ใน ระบบปิดโดยยังคงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลาแม้จะไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ก็ตาม” เป็น ”สมดุลไดนามิก เกิดขึ้น ณ ภาวะสมดุลที่ระบบมีอัตราของปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราของปฏิกิริยาย้อนกลับในระบบปิด โดยยังคงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลาแม้จะไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ก็ตาม” จาก “ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ได้แก่ 1. ความเข้มข้น 2. อุณหภูมิ 3. ความดัน ซึ่ง 3 ปัจจัยนี้สามารถทำให้สมดุลเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศต่าง ๆ ได้” เป็น ““ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ได้แก่

1. ความเข้มข้น 2. อุณหภูมิ 3. ความดัน ซึ่ง 3 ปัจจัยนี้สามารถทำให้สมดุลเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงไป”

3.2.2 ระบุแนวคิดข้อมูลแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน ผู้วิจัยได้สืบค้นเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาข้อมูลแนวคิดคลาดเคลื่อนที่มักพบของผู้เรียนในหัวข้อสมดุลเคมี ซึ่งมีแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบ 16 แนวคิด ดังข้อ 3.1.2

3.2.3 ออกแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับเรื่องสมดุลเคมี โดยประกอบด้วยส่วนที่ 1 (คำตอบของคำถาม) มี 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 (เหตุผลของคำตอบ) เป็นที่ว่างสำหรับเติมเหตุผลเพื่อไว้ตรวจสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และมโนมติที่คลาดเคลื่อน ส่วนที่ 3 (ความมั่นใจ) มี 2 ระดับความมั่นใจ ซึ่งมีข้อคำถามจำนวน 14 ข้อ เพื่อวิเคราะห์กลุ่มมโนมติของผู้เรียนและสามารถแยกคำตอบที่ผิดจากการมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) กับคำตอบที่ผิดจากการขาดมโนมติ (Lack of knowledge) ได้ ในขั้นตอนนี้มีการหาคุณภาพเครื่องมือ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของแบบทดสอบแต่ละข้อกับข้อความเชิงประพจน์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินได้ค่า IOC มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขบางส่วนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จนได้แบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับเรื่องสมดุลเคมี ดังตัวอย่าง

1.) ปฏิกิริยา $H_{2\,(g)}+I_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2HI(g)$

1.1) ถ้าเริ่มต้นด้วยการผสมสาร H_2 และ I_2 เข้าด้วยกัน ก่อนเข้าสู่ภาวะสมดุล ในข้อใดระบุการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้องที่สุด

1. เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ
2. เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า
3. เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับย้อนกลับ
4. เกิดปฏิกิริยาผันกลับได้

1.2) เพราะเหตุใดผู้เรียนจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

1.3) ผู้เรียนมั่นใจในคำตอบของตัวเองหรือไม่

1. มั่นใจ 2. ไม่มั่นใจ

3.2.4 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้วจำนวน 56 คน และสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 9 คน เก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 3 คน โดยให้นักเรียนเลือกตัวเลือกและระบุเหตุผลของการเลือกตัวเลือกเพื่อหามโนมติที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนของนักเรียนเพิ่มเติม

3.2.5 ตรวจแบบทดสอบและวิเคราะห์มโนมติที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อน ร่วมกับแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบจากงานวิจัยมาสร้างตัวเลือกในลำดับการให้เหตุผลของคำตอบจำนวน 5 ตัวเลือกในแต่ละข้อ ทำให้ได้แบบทดสอบ 3 ลำดับขั้น ที่มีตัวเลือกคำตอบ 4 ตัวเลือก ตัวเลือกเหตุผล จำนวน 5 ตัวเลือก และตัวเลือกระดับความมั่นใจ 2 ตัวเลือก เพื่อพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับเรื่องสมดุลเคมี ที่เป็นลักษณะเลือกตอบทั้งส่วนของคำตอบและส่วนของเหตุผล ดังตัวอย่าง

1.) ปฏิกิริยา $H_{2(g)}+I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI(g)$

1.1) ถ้าเริ่มต้นด้วยการผสมสาร H_2 และ I_2 เข้าด้วยกัน ก่อนเข้าสู่ภาวะสมดุล ในข้อใดระบุการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้องที่สุด

1. เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ
2. เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า
3. เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับย้อนกลับ
4. เกิดปฏิกิริยาผันกลับได้

1.2) เพราะเหตุใดผู้เรียนจึงคิดเช่นนั้น

1. เมื่อเริ่มปฏิกิริยาโดยผสมสารตั้งต้นเข้าด้วยกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้ากลายเป็นผลิตภัณฑ์

2. การเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อปฏิกิริยาไปข้างหน้าสิ้นสุดลงก่อน

3. ปฏิกิริยาที่ยังไม่เข้าสู่ภาวะสมดุล จะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าหรือย้อนกลับได้เพียงทิศทางเดียว

4. สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับเพื่อเกิดเป็นสารตั้งต้นทันที

5. ในปฏิกิริยาที่เข้าสู่ภาวะสมดุล อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับเท่ากันตลอดปฏิกิริยา

1.3) ผู้เรียนมั่นใจในคำตอบของตัวเองหรือไม่

1. มั่นใจ 2. ไม่มั่นใจ

3.2.6 ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ทั้งในส่วนของตัวเลือกคำตอบ (tier-1) และตัวเลือกเหตุผล (tier-2) ซึ่งผลการประเมินได้ค่า IOC อยู่ในช่วง 0.67-1.00 ดังแสดงในภาคผนวก หน้า 123 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขบางส่วนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญได้ เช่นในข้อที่ 1.2 ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอให้เปลี่ยนตัวเลือก 1 ตัวเลือก เป็น หลังสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันจนได้สารผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันเพื่อเกิดเป็นสารตั้งจนกลับไปมา ในข้อที่เกี่ยวกับการรบกวนสมดุล ผู้เชี่ยวชาญแนะนำเพิ่มเติมให้คำถามเป็นบริบทสถานการณ์เพิ่มเติม

3.2.7 นำแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นที่พัฒนาแก้ไขแล้วไปทดสอบกับนักเรียนที่เรียนเรื่อง สมดุลเคมีมาแล้ว จำนวน 120 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นขั้น โดยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ และค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกเฉพาะส่วนคำตอบและเหตุผล ซึ่งถ้านักเรียนตอบถูกทั้ง 2 ส่วนจะได้ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดส่วนใดส่วนหนึ่งหรือผิดทั้งสองส่วน จะได้ 0 คะแนน โดยหาค่าความเชื่อมั่น ตามสูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน และหาความยากง่ายและอำนาจจำแนก (ปราณี หลำเบ็ญสะ, 2561, น. 5) ซึ่งแบบทดสอบแต่ละข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.16–0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.15-0.47 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.701

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ชี้แจงนักเรียนถึงขอบเขตการวิจัยในครั้งนี้ดำเนินภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัย 3 ประการ ได้แก่ หลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่อให้เกิดอันตราย หลักความยุติธรรม โดยขอการยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับกลุ่มที่ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้นขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เป็นเวลา 4 สัปดาห์ 12 ชั่วโมง 8 แผนการจัดการเรียนรู้

4. ทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มที่ศึกษาใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้นขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย(ชุดเดียวกับก่อนเรียน)

5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ในการทดสอบผู้เรียนด้วยแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นเรื่อง สมดุลเคมี มีการกำหนดเกณฑ์การให้รหัส ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนคำตอบของคำถาม

หากผู้เรียนตอบถูก ให้รหัส 1

หากผู้เรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 2 ส่วนเหตุผลของคำตอบ

หากผู้เรียนตอบถูก ให้รหัส 1

หากผู้เรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 3 ระดับความมั่นใจของคำตอบ

หากผู้เรียนตอบมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

หากผู้เรียนตอบไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

โดยนักเรียนที่ตอบถูกทั้งส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และมีความมั่นใจในคำตอบ จะได้ 1 คะแนน นักเรียนที่ตอบนอกเหนือจากนี้จะได้ 0 คะแนน

จากนั้นวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนรายบุคคลจากคะแนนของแบบทดสอบ 14 ข้อ คะแนนรวมทั้งฉบับ 14 คะแนน

5.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมีก่อนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ dependent-Samples t test

5.3 ทำการจัดกลุ่มมโนมติของผู้เรียน 4 กลุ่ม (Kurniawa, 2018, pp. 3; Milenkovic, 2016, pp. 5; Prodjosantoso, 2019, pp. 4; ปัทมาพร ณ น่าน, 2561, น. 5; มนัสสิริ อินทร์สวาท, 2017, น. 5-6) จากแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับ เรื่องสมดุลเคมี โดยใช้เกณฑ์จากตารางที่ 1 ในบทที่ 2 หน้า 20

5.4 คำนวณหาร้อยละของจำนวนผู้เรียนที่มีกลุ่มมโนมติลักษณะต่าง ๆ โดยจำแนกเป็นรายข้อ เพื่อพิจารณาว่าในแต่ละข้อคำถาม ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีมโนมติในเรื่องสมดุลเคมี เป็นอย่างไร

5.5 คำนวณเปรียบเทียบหาค่าพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้สถิติสูตรคะแนนพัฒนาการของผู้เรียน (Gain Score: G.S.) (ชมพู สุรกาญจนชาติ, 2557, น. 107)

5.6 คำนวณหาร้อยละของจำนวนผู้เรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติจากมโนมติที่คลาดเคลื่อนและขาดมโนมติมาสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังจากการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

5.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยรวมและรายข้อโดยใช้สถิติสูตรค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size: d)

5.8 วิเคราะห์ผู้เรียนรายกลุ่มตามระดับความเข้าใจมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับ ดี ปานกลาง และอ่อน โดยผู้เรียนระดับดี หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มสูง คือช่วงร้อยละ 67.00-100 ผู้เรียนระดับปานกลาง หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มกลาง คือ ช่วงร้อยละ 33.00-66.99 และผู้เรียนระดับอ่อน หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มล่าง คือ ช่วงร้อยละ 0.00-32.99 เรียงลำดับผู้เรียนจากคะแนนรวมของแบบทดสอบจากต่ำไปสูง จากนั้นคำนวณหาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

เพื่อวิเคราะห์ผลคะแนนที่ได้จากการใช้แบบทดสอบเรื่อง สมดุลเคมี โดยใช้ค่าสถิติ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2552, น. 33) ได้แก่

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนเฉลี่ย

n แทน จำนวนของผู้ทำแบบทดสอบ

1.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2552, น. 60)

$$.s = \sqrt{\frac{n\Sigma X^2-(\Sigma X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ s แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนเฉลี่ย

ΣX^2 แทน ผลบวกกำลังสองของคะแนนในกลุ่ม

ตัวอย่างทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้ตอบแบบทดสอบ

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหานี้ได้ใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม วัตถุประสงค์ และระดับพฤติกรรม (Item Objective Congruence: IOC) (ล้วน สายยศ , 2538, น. 249)

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

เมื่อ $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การตรวจสอบค่าความยากง่าย (p) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนจากคำตอบของผู้เรียนดังนี้

หากผู้เรียนตอบถูกในส่วนคำตอบของคำถาม และส่วนของเหตุผลของคำตอบ ให้ 1 คะแนน

หากผู้เรียนตอบผิดในส่วนคำตอบของคำถาม หรือตอบผิดในส่วนของเหตุผลของคำตอบ หรือตอบผิดทั้งสองส่วนแรก ให้ 0 คะแนน

ซึ่งมีสูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ, 2538, น. 211)

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

เมื่อ p แทน ดัชนีความยากง่าย

F แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบ

2.3 การตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก (D) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนจากคำตอบของผู้เรียนดังนี้

หากผู้เรียนตอบถูกในส่วนคำตอบของคำถาม และส่วนของเหตุผลของคำตอบ ให้ 1 คะแนน

หากผู้เรียนตอบผิดในส่วนคำตอบของคำถาม หรือตอบผิดในส่วนของเหตุผลของคำตอบ หรือตอบผิดทั้งสองส่วนแรก ให้ 0 คะแนน

ซึ่งมีสูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ, 2538, น. 201)

$$D = \frac{\mathrm{SU} - \mathrm{SL}}{\mathrm{N}(\mathrm{Xmax} - \mathrm{Xmin})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

SU แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

SL แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

$Xmax$ แทน คะแนนที่นักเรียนได้สูงสุด

$Xmin$ แทน คะแนนที่นักเรียนได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนเข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนจากคำตอบของผู้เรียนดังนี้

หากผู้เรียนตอบถูกในส่วนคำตอบของคำถาม และส่วนของเหตุผลของคำตอบ ให้ 1 คะแนน

หากผู้เรียนตอบผิดในส่วนคำตอบของคำถาม หรือตอบผิดในส่วนของเหตุผลของคำตอบ หรือตอบผิดทั้งสองส่วนแรก ให้ 0 คะแนน

ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ใช้การคำนวณตามสูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน ดังนี้

$$R_{tt} = \frac{n}{n-1} - \frac{1-\sum pq}{s^2}$$

เมื่อ R_{tt} = ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง

n = จำนวนข้อคำถามของแบบวัด

P = สัดส่วนของคนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

q = สัดส่วนของคนที่ตอบผิดในแต่ละข้อ

s^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

x = ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า ค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักร

การเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยใช้ t-test แบบ Dependent-Samples t test โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Sciences)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}} \quad ; df = n-1$$

เมื่อ t แทน การทดสอบค่าที

D แทน คะแนนความแตกต่างของการทดสอบก่อนและหลังเรียนของแต่ละคู่

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

df แทน ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ n-1

3.2 สถิติวิเคราะห์หาค่าพัฒนาการการเรียนรู้ (Gain Score: G.S.) เพื่อเปรียบเทียบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ทั้งแบบโดยรวมและรายข้อ (ชมพู สุรกาญจนชาติ, 2557, น. 107)

$$G.S. = \frac{\left(\text{คะแนนเฉลี่ยนวัดหลังเรียน} - \text{คะแนนเฉลี่ยวัดก่อนเรียน}\right)}{\left(\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนเฉลี่ยวัดก่อนเรียน}\right)} x\ 100$$

เกณฑ์คะแนนพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน (ชมพู สุรกาญจนชาติ, 2557, น. 107)

76-100 แปลว่า พัฒนาการระดับสูงมาก

51-75 แปลว่า พัฒนาการระดับสูง

26-50 แปลว่า พัฒนาการระดับกลาง

0-25 แปลว่า พัฒนาการระดับต้น

เปรียบเทียบค่าพัฒนาการเรียนรู้ เพื่อเปรียบเทียบมโนมติเรื่อง สมดุลเคมี โดยกำหนดให้มีค่าพัฒนาการมโนมติไว้ที่ระดับ 50 คะแนนขึ้นไป (พัฒนาการระดับสูง) (รุ่งนภา เอียงอุบล, 2555, น. 48)

3.3 สถิติวิเคราะห์หาค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size: d) เพื่อเปรียบเทียบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เรื่อง สมดุลเคมี โดยการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ทั้งแบบโดยรวมและรายข้อ ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ (ชมพู สุรกาญจนชาติ, 2557, น. 108)

$$d = \frac{(\text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน} - \text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน})}{(\text{ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน})}$$

เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลขนาดอิทธิพล (ชมพู สุรกาญจนชาติ. 2557. 108)

1.80 ขึ้นไป	แปลว่า	อิทธิพลระดับสูง
1.79 – 0.21	แปลว่า	อิทธิพลระดับปานกลาง
0.00 - 0.20	แปลว่า	อิทธิพลระดับต่ำ

เปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพล มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์ไว้ที่ระดับ 1.80 ขึ้นไป คือมีอิทธิพลระดับสูง (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 116-122; รุ่งนภา เอียงอุบล, 2555, น. 79)

6. จริยธรรมวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยภายใต้หลักจริยธรรมวิจัย ตามหลักการ 3 ประการ คือ 1) หลักความเคารพในบุคคล 2) หลักคุณประโยชน์ไม่ก่อให้เกิดอันตราย 3) หลักความยุติธรรม โดยมีหลักการทั้งหมดตามนี้

6.1 หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person)

ในการทำวิจัยนี้ผู้วิจัยชี้แจงข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างชัดเจนและให้ผู้ร่วมวิจัยลงนามยินยอมในการเข้าร่วมวิจัย เคารพในการตัดสินใจของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถขอถอนสิทธิการเข้าร่วมได้ตลอดเวลา กล่าวคือ ผู้วิจัยไม่นำข้อมูลของผู้ร่วมวิจัยที่ถอนสิทธิ์มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยปิดข้อมูลต่าง ๆ เป็นความลับ โดยการใช้รหัสหรือชื่อแทนข้อมูลจริงของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อปกป้องข้อมูล เก็บรักาข้อมูลไว้เป็นความลับ (ธาดา สืบหลินวงศ์, 2550, น. 4-5)

6.2 หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย (Beneficence, Non-Maleficence)

ในการทำวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ และมโนมติในเรื่องสมดุลเคมี จากนั้นได้เลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้นี้จะได้เรียนรู้เนื้อหาครอบคลุมตามหลักสูตรเช่นเดียวกับผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ โดยประโยชน์จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ ผู้สอน นักเรียน และนักการศึกษา ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติต่อไป (ธาดา สืบหลินวงศ์, 2550, น. 5-6)

6.3 หลักยุติธรรม (Justice)

ในการทำวิจัยนี้ผู้วิจัยคำนึงถึงหลักความยุติธรรมและความเสมอภาค ไม่แสวงหาผลประโยชน์จากการทำวิจัย ผู้เรียนทุกคนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสามารถเลือกที่จะเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ได้อย่างเสมอภาค และได้รับรู้ถึงสิทธิและบทบาทของตนก่อนการดำเนินงานวิจัย และคำนึงถึงประโยชน์ของผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย ไม่แบ่งแยกบุคคลหรือกลุ่มคนที่อาจได้ประโยชน์จากความก้าวหน้าของงานวิจัย (ธาดา สืบหลินวงศ์, 2550, น. 6)

บทที่ 4
ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่าง กัน โดยในบทนี้จะนำเสนอผลการวิจัยเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 3) ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน

1. **ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

ในการพัฒนายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ซึ่งผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น โดยคำนึงถึงเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงมโนมติ 3 เงื่อนไข เป็นสำคัญเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ และ 4 ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ซึ่งมีเงื่อนไขของมโนมติที่ผู้เรียนจะเกิดการยอมรับดังนี้ 1) มโนมติต้องเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) ผู้เรียนต้องรู้ว่ามโนมติใหม่คืออะไร สามารถเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับมโนมตินั้น และเห็นว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่าย 2) มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติใหม่นี้เข้าใจได้ดีและเชื่อว่าเป็นความจริง น่าเชื่อถือ สามารถเชื่อมโยงมโนมติใหม่กับมโนมติอื่น ๆ ที่มีอยู่เดิม 3) มีประโยชน์ (Fruitful) ผู้เรียนต้องเห็นว่ามโนมติต้องมีประโยชน์ สามารถอธิบาย ทำนาย แก้ปัญหาชี้แนะวิธีการใหม่ ๆ ได้ และ ยุทธศาสตร์การสอนที่

สามารถใช้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนมโนมติตามเงื่อนไขนั้นประกอบได้ 1) การบูรณาการ (Integration) มีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการการรับรู้มโนมติใหม่กับการรับรู้มโนมติที่มีเดิม หรือบูรณาการการรับรู้มโนมติต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน 2) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แยกการรับรู้มโนมติที่มีอยู่กับการรับรู้มโนมติอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่า ทำให้ผู้เรียนเห็นว่าสิ่งที่มีเหตุผลน่าเชื่อถือในสถานการณ์หนึ่ง อาจจะไม่น่าเชื่อถืออีกต่อไป ในสถานการณ์อื่นที่แตกต่างและซับซ้อนขึ้น 3) การแลกเปลี่ยน (Exchange) มีจุดมุ่งหมายเพื่อแลกเปลี่ยนการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมกับมโนมติใหม่ เพราะการรับรู้มโนมตินั้นขัดแย้งกัน ดังนั้นย่อมเป็นไปไม่ได้ที่การรับรู้มโนมติจะมีเหตุผล น่าเชื่อถือได้ทั้งคู่ จะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจในการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิม ในขณะเดียวกันแสดงให้เห็นว่า การรับรู้มโนมติใหม่สามารถอธิบายและมีประโยชน์ได้มากกว่าเดิม 4) การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างบริบทที่เหมาะสมซึ่งมโนมติเชิงนามธรรมที่สำคัญสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์สามัญที่มีความหมาย การตั้งคำถามซึ่งจะต้องตอบโดยใช้มโนมติเชิงนามธรรมที่เรียนใหม่จะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ทำให้มองเห็นว่ามโนมติใหม่เหล่านี้ มีเหตุผลน่าเชื่อถือ และมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ โดยในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติของฮิวสันและฮิวสันนั้น ผู้สอนสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้หลากหลาย สามารถทำให้เงื่อนไขต่าง ๆ เกิดในขั้นตอนการสอนต่าง ๆ ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสม บริบท ของเนื้อหา ที่ออกแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบความรู้ มโนมติเดิมของตนเองโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้คำถาม การทดลอง หรือยกตัวอย่างสถานการณ์ เพื่อให้ทราบว่ามโนมติเดิมที่ตนเองมีอยู่นั้นเป็นอย่างไร เพื่อเตรียมความพร้อมนำไปเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนกับมโนมติใหม่ในขั้นต่อไป เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และภาวะสมดุล มีการตรวจสอบความรู้เดิมโดยยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีจากบทเรียนที่ผ่านมาเพื่อนำเข้าสู่บท สมดุลเคมี โดยใช้คำถามว่า ถ้าครูนำกรดไฮโดรคลอริกมาหยดลงบนแผ่นสังกะสี จะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นอะไร จากนั้นถามต่อว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้หรือไม่ จากตัวอย่างนี้เป็นการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนในมโนมติเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สมบูรณ์ที่ผู้เรียนมีมโนมติเดิมอยู่

ขั้นที่ 2 ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้น เร้าความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องที่เหมาะสมกับ

บริบทของมโนมตินั้น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อสร้างมโนมติในขั้นต่อไป เช่นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ค่าคงที่สมดุล ครูมีการกระตุ้น เร้าความสนใจโดยการท้าทายผู้เรียนว่า วิธีคิดค่าคงที่สมดุลของนักเรียนที่มีอยู่นั้นถูกต้องหรือไม่ โดยให้นักเรียนลองคิดค่าคงที่สมดุลของสมการ $H_{2\,(g)}+I_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2HI(g)$ จากนั้นผู้เรียนนำเสนอคำตอบที่ได้จากการคิดค่าคงที่สมดุลด้วยมโนมติเดิมของผู้เรียน ซึ่งจะพบทั้งคำตอบที่ถูกและผิด ของผู้เรียนภายในห้อง

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสำรวจ ค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหา คำตอบของในประเด็นหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของตนเอง และแสวงหามโนมติใหม่ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี ผู้สอนแบ่งผู้เรียนออกเป็น 6 กลุ่มย่อย โดย แบ่งหัวข้อกันอภิปรายต่อ 2 กลุ่ม ดังนี้ การกลับด้านสมการเคมี การรวมสมการเคมี การนำตัวเลขไปคูณสมการเคมี และการดำเนินไปของค่าคงที่สมดุล ว่าส่งผลอย่างไรต่อค่าคงที่สมดุล ซึ่งผู้เรียนจะหาข้อมูล คำตอบ และเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาสร้างมโนมติในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียน สร้างคำอธิบาย ข้อสรุปมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นก่อนหน้า โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน ซึ่งมโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ ทำให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ได้สร้าง เปลี่ยนแปลงขึ้นมาในเบื้องต้น เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปอภิปราย ถึงผลของการเปลี่ยนแปลงสมการเคมีต่อค่าคงที่สมดุลในรูปแบบต่าง ๆ จากขั้นก่อนหน้า ทำให้ผู้เรียนสร้างมโนมติที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสมการเคมีต่อค่าคงที่สมดุลได้ดังนี้ ผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาไปข้างหน้ากับค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย้อนกลับในปฏิกิริยาเดียวกันมีค่าเท่ากับ 1 ปฏิกิริยาที่เกิดจากปฏิกิริยาย่อยหลายขั้น ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยารวมมีค่าเท่ากับผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยในแต่ละขั้น เมื่อมีการนำเลขใด ๆ คูณเข้าไปในสมการเคมี ค่าคงที่สมดุลจะยกกำลังด้วยตัวเลขนั้น

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ โดยใช้สถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมากขึ้นในการขยายขอบเขตความรู้ มโนมติให้กว้าง ลึกและครอบคลุมเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ทำให้เกิดการยอมรับมโนมติใหม่และปฏิเสธมโนมติเดิมที่มีอยู่ เช่นใน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล ผู้สอนและผู้เรียน ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกราฟความเข้มข้นกับเวลา และกราฟอัตราการเกิดปฏิกิริยาและเวลา ในรูปแบบต่าง ๆ ว่ากราฟลักษณะใดที่สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลได้ ซึ่งการที่ผู้เรียนสามารถอธิบายจะเกิดจากมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนได้สร้างขึ้นมาจากขั้นก่อนหน้า แล้วนำมาขยายความคิดในการอธิบายจากกราฟ

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนประเมินมโนมติใหม่ของตนเอง ว่ามโนมติของตนเองนั้นมีประโยชน์ สามารถใช้ทำนาย อธิบาย และแก้ปัญหาได้ ดีกว่ามโนมติเดิม เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล ผู้เรียนร่วมกันสรุปเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลด้านความเข้มข้นและอุณหภูมิที่โดยเชื่อมโยงกับ หลักของเลอชาเตอลิเอ นำข้อสรุปที่ได้อธิบายจากขั้นก่อนหน้ามาอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ สอดคล้องกับผลที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติที่สร้างขึ้นมาใหม่นั้นมีประโยชน์

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติใหม่ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล ครูยกตัวอย่างอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีการรบกวนสมดุลด้วยความเข้มข้น และอุณหภูมิ และให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ว่าแต่ละอุตสาหกรรมจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้นจะต้องทำอย่างไร จากข้อสรุปที่ได้สร้างไว้ร่วมกัน เป็นการทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติที่ได้สร้างขึ้นมานั้น มีประโยชน์ เข้าใจได้ สามารถนำไปใช้อธิบายแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตได้ดี

และสามารถสรุปบทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ได้ดังตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงการสรุปบทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)	1.ใช้วิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน 2. ทบทวนมโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีซึ่งเกี่ยวข้องกับมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนจะเรียน	1. ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ สื่อ หรือรูปแบบต่าง ๆ ที่ครูยกมา 2. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน
2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase)	1. สร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้อยากเห็น โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย เหมาะสมกับบริบทของเนื้อหานั้น ๆ 2. ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดเพื่อดึงคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมของสิ่งที่ผู้เรียนรู้หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอดจากคำตอบที่ผู้เรียนเสนอหรืออภิปรายมาจากขั้นตรวจสอบความรู้ และทำให้ผู้เรียนเกิดการความสงสัย สนใจ ในการเสาะแสวงหาคำตอบเพิ่มเติมเพื่อนำมาใช้อธิบาย	1. ตอบคำถาม คิดและตั้งคำถามจากสถานการณ์ สื่อการสอน หรืออข้อมูลต่าง ๆ 2. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน

ตาราง 6 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)	1. สร้างสถานการณ์ กระตุ้นผู้เรียนให้ปฏิบัติกิจกรรมสำรวจ ค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียน ทำงานร่วมกันเก็บข้อมูล หลักฐานเพื่อเตรียมไว้ใช้ในการอธิบายในขั้นต่อไปอย่างเพียงพอ 3. สังเกตการตอบโต้กันของผู้เรียน และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสำรวจค้นหา รวบรวมข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด	1. วางแผน เก็บรวบรวมข้อมูลกับเพื่อน จากสถานการณ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์สถานการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องเผชิญ 2. ลงมือปฏิบัติและให้ความร่วมมือกับผู้เรียนคนอื่นในการเก็บรวบรวมข้อมูลร่วมกัน พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ
4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบาย ความคิดแนวคิด มโนมติต่าง ๆ หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของผู้เรียนเอง 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงหลักฐานในการให้เหตุผลและอธิบาย ลงข้อสรุป หรือแสดงวิธีอันได้มาซึ่งคำอธิบายของตนเอง 3. กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ประสบการณ์ มโนมติเดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ	1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นได้ 2. ฟังเพื่อน ครูอย่างคิดวิเคราะห์ 3. ถามคำถามในประเด็นที่น่าสนใจ 4. ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกต ในการอธิบายและลงข้อสรุปที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ตามหลักวิทยาศาสตร์

ตาราง 6 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
5.ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ ขยายความรู้ ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิมที่ได้เรียนมาแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น โดยมีการอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง มโนมติได้มาอย่างไร	1. ใช้มโนมติเดิมที่มี ในการกำหนดจุดประสงค์ แก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง หรืออาศัยมโนมติเดิมตอบคำถาม อธิบายตามแต่สถานการณ์ที่ได้รับ 2. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ จากข้อมูลที่มี 3. บันทึกการสังเกตและอธิบาย 4. ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)	1.สังเกตผู้เรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ 2. ประเมินความรู้และทักษะของผู้เรียนด้วยวิธีต่าง ๆ 3. ยกตัวอย่าง หลักฐานที่แสดงว่าผู้เรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม จากสถานการณ์หรือคำอธิบายในขั้นก่อนหน้า 4. กระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการ มโนมติที่ได้สังเคราะห์พัฒนา เปลี่ยนแปลงมา	1. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม 2. แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจในมโนมติที่ตนมี 3. ประเมินความก้าวหน้าความรู้ มโนมติของตนเอง ที่สร้างขึ้นมา

ตาราง 6 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทผู้เรียน
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)	1. สร้างสถานการณ์ที่โยงไปสู่สถานการณ์ที่มีความซับซ้อนหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้เห็นถึงประโยชน์ของมโนมติใหม่ 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับความรู้อื่น ๆ	1. นำมโนมติใหม่อธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน 2. ให้ความร่วมมือในการอธิบายสถานการณ์ใหม่ ๆ ตามที่ครูได้ยกตัวอย่างร่วมกัน

2. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

เพื่อศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮัวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดและเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบ ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบ t-test แบบ Dependent Sample ได้ผลดังตารางที่ 7

ตาราง 7 แสดงความสัมพันธ์ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี

ข้อมูลเปรียบเทียบ	จำนวนนักเรียน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าสหสัมพันธ์	t	df	ค่า sig
คะแนนก่อนเรียน	48	1.77	2.408	.566	-8.540	47	.000
คะแนนหลังเรียน	48	5.52	3.667				

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเป็น 1.77 และ 2.408 ตามลำดับ ส่วนหลังเรียนเป็น 5.52 และ 3.667 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์มีค่า .566 เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี มีค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

และเมื่อนำข้อมูลจากแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นมาวิเคราะห์ข้อมูลคำตอบของผู้เรียนสามารถจำแนกความเข้าใจมโนมติของผู้เรียน เรื่องสมดุลเคมี ในบทที่ 2 ซึ่งได้ผลดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีต่อมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

ข้อที่	มโนมติที่วัด	เวลาทำแบบทดสอบ	กลุ่มมโนมติ					
			มโนมติทางวิทยาศาสตร์	มโนมติคลาดเคลื่อน	ขาดความรู้	การเดาคำตอบ		
						การเดาทั้งหมด	เดาถูก	การเดา
1	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	ก่อนเรียน	3(6.3%)	20(41.7%)	15(31.3%)	10(20.8%)	4(8.3%)	6(12.5%)
		หลังเรียน	23(47.9%)	19(39.6%)	2(4.2%)	4(8.3%)	0(0.0%)	4(8.3%)
2	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	ก่อนเรียน	13(27.1%)	6(12.5%)	7(14.6%)	22(45.8%)	4(8.3%)	18(37.5%)
		หลังเรียน	26(54.2%)	13(27.1%)	2(4.2%)	7(14.6%)	7(14.6%)	0(0.0%)
3	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	ก่อนเรียน	17(35.4%)	11(22.9%)	4(8.3%)	16(33.4)%	7(14.6%)	9(18.8%)
		หลังเรียน	22(45.8%)	17(35.4%)	2(4.2%)	7(14.6%)	1(2.1%)	6(12.5%)

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	มโนมติที่วัด	เวลาทำแบบทดสอบ	กลุ่มมโนมติ					
			มโนมติทางวิทยาศาสตร์	มโนมติคลาดเคลื่อน	ขาดความรู้	การเดาคำตอบ		
						การเดาทั้งหมด	เดาถูก	การเดา
4	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	ก่อนเรียน	5(10.4%)	8(16.7%)	20(41.7%)	15(31.3%)	6(12.5%)	9(18.8%)
		หลังเรียน	18(37.5%)	12(25.0%)	10(20.8%)	8(16.7%)	5(10.4%)	3(6.3%)
5	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	ก่อนเรียน	7(14.6%)	4(8.3%)	15(31.3%)	22(45.8%)	5(10.4%)	17(35.4%)
		หลังเรียน	22(45.8%)	15(31.3%)	1(2.1%)	10(20.9%)	2(4.2%)	8(16.7%)
6	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	ก่อนเรียน	9(18.8%)	3(6.3%)	20(41.7%)	16(33.3%)	10(20.8%)	6(12.5%)
		หลังเรียน	31(64.6%)	7(14.6%)	5(10.4%)	5(10.5%)	3(6.3%)	2(4.2%)

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	มโนมติที่วัด	เวลาทำแบบทดสอบ	กลุ่มมโนมติ					
			มโนมติทางวิทยาศาสตร์	มโนมติคลาดเคลื่อน	ขาดความรู้	การเดาคำตอบ		
						การเดาทั้งหมด	เดาถูก	การเดา
7	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	ก่อนเรียน	3(6.3%)	15(31.3%)	20(41.7%)	10(20.9%)	2(4.2%)	8(16.7%)
		หลังเรียน	11(22.9%)	21(43.8%)	5(10.4%)	11(23.0%)	2(4.2%)	9(18.8%)
8	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	ก่อนเรียน	6(12.5%)	2(4.2%)	16(33.3%)	24(50.0%)	6(12.5%)	18(37.5%)
		หลังเรียน	22(45.8%)	8(16.7%)	4(8.3%)	14(29.2%)	7(14.6%)	7(14.6%)
9	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล	ก่อนเรียน	4(8.3%)	10(20.8%)	21(43.8%)	13(27.1%)	3(6.3%)	10(20.8%)
		หลังเรียน	10(20.8%)	19(39.6%)	9(18.8%)	10(20.8%)	5(10.4%)	5(10.4%)

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	มโนมติที่วัด	เวลาทำแบบทดสอบ	กลุ่มมโนมติ					
			มโนมติทางวิทยาศาสตร์	มโนมติคลาดเคลื่อน	ขาดความรู้	การเดาคำตอบ		
						การเดาทั้งหมด	เดาถูก	การเดา
10	การรบกวนสมดุลเคมี	ก่อนเรียน	0(0.0%)	11(22.9%)	23(47.9%)	14(29.2%)	0(0.0%)	14(29.2%)
		หลังเรียน	5(10.4%)	19(39.6%)	13(27.1%)	11(23.0%)	3(6.3%)	8(16.7%)
11	การรบกวนสมดุลเคมี	ก่อนเรียน	4(8.3%)	7(14.6%)	23(47.9%)	14(29.2%)	5(10.4%)	9(18.8%)
		หลังเรียน	19(39.6%)	14(29.2%)	4(8.3%)	11(23.0%)	3(6.3%)	8(16.7%)
12	การรบกวนสมดุลเคมี	ก่อนเรียน	8(16.7%)	4(8.3%)	12(25.0%)	24(50.0%)	10(20.8%)	14(29.2%)
		หลังเรียน	23(47.9%)	7(14.6%)	6(12.5%)	12(25.0%)	6(12.5%)	6(12.5%)

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	มโนมติที่วัด	เวลาทำแบบทดสอบ	กลุ่มมโนมติ			การเดาคำตอบ		
			มโนมติทางวิทยาศาสตร์	มโนมติคลาดเคลื่อน	ขาดความรู้	การเดาทั้งหมด	เดาถูก	การเดา
13	การรบกวนสมดุลเคมี	ก่อนเรียน	2(4.2%)	9(18.8%)	27(56.3%)	10(20.9%)	2(4.2%)	8(16.7%)
		หลังเรียน	15(31.3%)	10(20.8%)	11(22.9%)	12(25.0%)	5(10.4%)	7(14.6%)
14	การรบกวนสมดุลเคมี	ก่อนเรียน	4(8.3%)	6(12.5%)	25(52.1%)	13(27.1%)	2(4.2%)	11(22.9%)
		หลังเรียน	18(37.5%)	16(33.3%)	6(12.5%)	8(16.7%)	3(6.3%)	5(10.4%)
รวม		ก่อนเรียน	85(12.6%)	116(17.3%)	248(36.9%)	223(33.2%)	66(9.8%)	157(23.4%)
		หลังเรียน	265(39.4%)	197(29.3%)	80(11.9%)	130(19.2%)	52(7.7%)	78(11.6%)

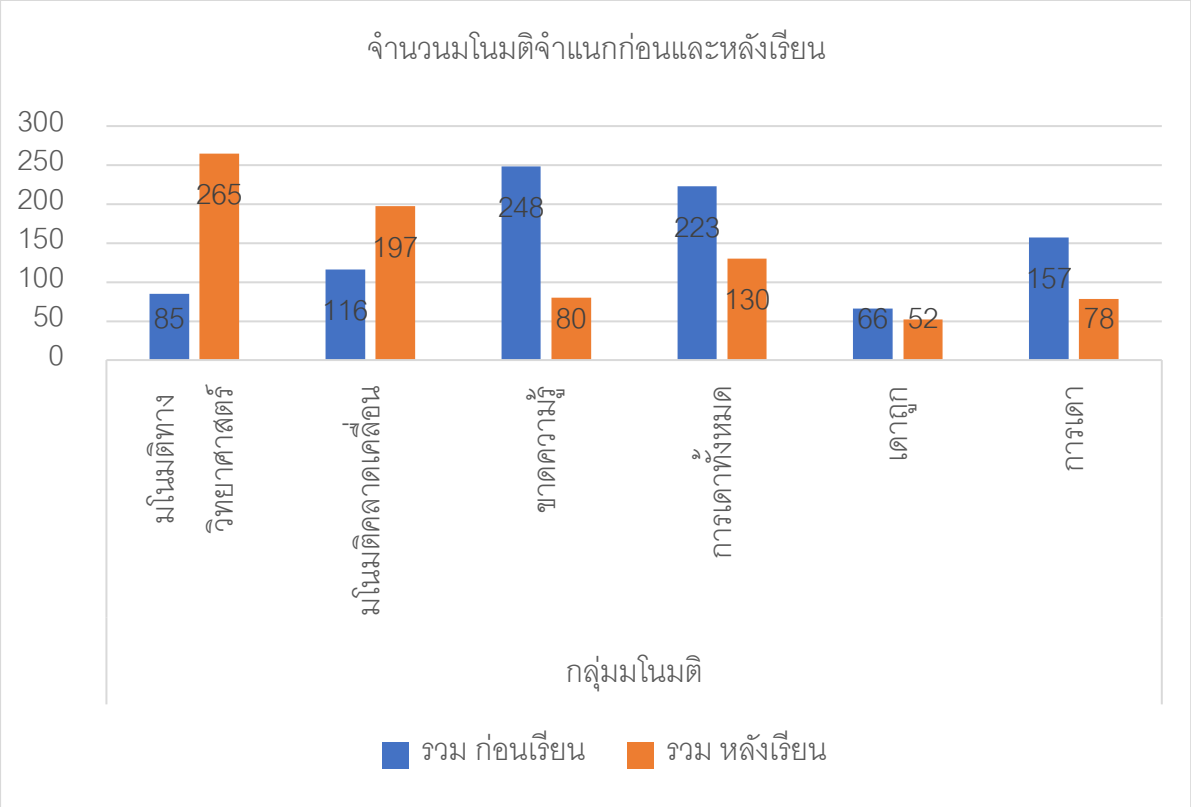
จากตาราง 8 พบว่า มโนมติก่อนเรียน เรื่อง สมดุลเคมี ที่วัดได้จากแบบทดสอบมโนมติสามลำดับขั้น ของนักเรียนมี มโนมติทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดใน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล จากแบบทดสอบข้อที่ 3 คิดเป็น ร้อยละ 35.4 มีมโนมติคลาดเคลื่อนมากที่สุดใน เรื่อง ปฏิกิริยาผันกลับได้ จากแบบทดสอบข้อที่ 1 คิดเป็น ร้อยละ 41.7 มีการขาดมโนมติมากที่สุดใน เรื่อง การรบกวนสมดุลเคมีด้วยความดัน จากแบบทดสอบข้อที่ 13 คิดเป็นร้อยละ 56.3 มีการเดาคำตอบทั้งหมดมากที่สุดใน เรื่อง ค่าคงที่สมดุล และ การรบกวนสมดุลเคมี (ความเข้มข้น) จากแบบทดสอบข้อที่ 8 และ 12 คิดเป็นร้อยละ 50 มีการเดาถูกมากที่สุดใน เรื่อง ค่าคงที่สมดุล และการรบกวนสมดุลเคมี (ความเข้มข้น) จากแบบทดสอบข้อที่ 6 และ 12 คิดเป็นร้อยละ 20.8 และมีการเดามากที่สุดใน เรื่อง ปฏิกิริยาดำเนินไปทางเดียวกับปฏิกิริยาผันกลับได้ และ ค่าคงที่สมดุล จากแบบทดสอบข้อที่ 2 และ 8 คิดเป็นร้อยละ 37.5

หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี พบว่า มโนมติหลังเรียน เรื่อง สมดุลเคมี ที่วัดได้จากแบบทดสอบมโนมติสามลำดับขั้น ของนักเรียนมี มโนมติทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดใน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี จากแบบทดสอบข้อที่ 6 คิดเป็น ร้อยละ 64.6 มีมโนมติคลาดเคลื่อนมากที่สุดใน เรื่อง ปฏิกิริยาผันกลับได้ จากแบบทดสอบข้อที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 41.7 ยังคงพบว่ามีผู้เรียนที่มีการขาดมโนมติมากที่สุดใน เรื่อง การรบกวนสมดุลเคมีด้วยอุณหภูมิ จากแบบทดสอบข้อที่ 10 คิดเป็นร้อยละ 27.1 มีการเดาคำตอบทั้งหมดมากที่สุดใน เรื่อง ค่าคงที่สมดุล จากแบบทดสอบข้อที่ 8 คิดเป็นร้อยละ 29.2 มีการเดาถูกมากที่สุดใน เรื่อง ปฏิกิริยาดำเนินไปทางเดียวกับปฏิกิริยาผันกลับได้ และ ค่าคงที่สมดุล จากแบบทดสอบข้อที่ 2 และ 8 คิดเป็นร้อยละ 14.6 และมีการเดามากที่สุดใน เรื่อง ค่าคงที่สมดุลกับปริมาณของสารที่ภาวะสมดุล จากแบบทดสอบข้อที่ 7 คิดเป็นร้อยละ 18.8

จากตาราง 8 พบว่า ในภาพรวมก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 12.6 มโนมติคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 17.3 ขาดมโนมติเฉลี่ยร้อยละ 36.9 และมีการเดาคำตอบทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 33.2 หลังผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี พบว่า ในภาพรวมหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 39.4 มโนมติคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 29.3 ขาดมโนมติเฉลี่ยร้อยละ 11.9 และมีการเดาคำตอบทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 19.2

เมื่อวิเคราะห์มโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี ก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี พบว่า เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นในทุกมโนมติ มีการขาดมโนมติลดลงในทุกมโนมติ นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบมากขึ้นและมีการเดาคำตอบน้อยลง

เมื่อนำจำนวนมโนมติในกลุ่มต่าง ๆ มาสร้างแผนภูมิแท่ง หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี พบว่า มีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น มีการขาดความรู้ลดลง และมีการเดาคำตอบลดลง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบ 3 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนมโนมติจำแนกก่อนและหลังเรียน

และเมื่อนำค่าเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มาพิจารณาหาค่า

คะแนนร้อยละพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องสมดุลเคมี พบว่ามีค่าอยู่ที่ร้อยละ 30.66 ซึ่งถือว่าภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง และรายข้ออยู่ในช่วงร้อยละ 10.42 - 56.41 อยู่ในระดับต้น – สูง แสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าร้อยละการพัฒนามโนมติเรื่อง สมดุลเคมี

ข้อ	มโนมติ	G.S.(%)	แปลผล
1	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	44.44	กลาง
2	การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	37.14	กลาง
3	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะ	16.13	ต้น
4	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะ	30.23	กลาง
5	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะ	36.59	กลาง
6	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะ	56.41	สูง
7	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะ	17.78	ต้น
8	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะ	38.10	กลาง
9	การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะ	13.64	ต้น
10	การรบกวนสมดุลเคมี	10.42	ต้น
11	การรบกวนสมดุลเคมี	34.09	กลาง
12	การรบกวนสมดุลเคมี	37.50	กลาง
13	การรบกวนสมดุลเคมี	28.26	กลาง
14	การรบกวนสมดุลเคมี	31.82	กลาง
โดยรวม		30.66	กลาง

ตาราง 10 เปรียบเทียบจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี

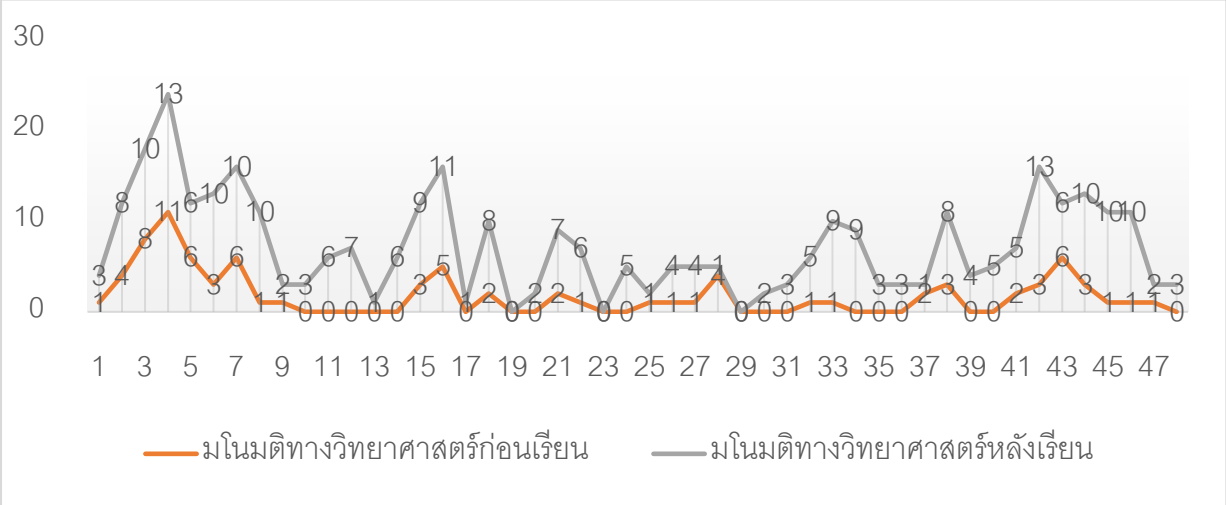
นักเรียน (ลำดับที่)	จำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์		นักเรียน (ลำดับที่)	จำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน		ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	1	3	16	5	11
2	4	8	17	0	1
3	8	10	18	2	8
4	11	13	19	0	0
5	6	6	20	0	2
6	3	10	21	2	7
7	6	10	22	1	6
8	1	10	23	0	0
9	1	2	24	0	5
10	0	3	25	1	1
11	0	6	26	1	4
12	0	7	27	1	4
13	0	1	28	4	1
14	0	6	29	0	0
15	3	9	30	0	2

ตาราง 10 (ต่อ)

นักเรียน (ลำดับที่)	จำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน	จำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน	นักเรียน (ลำดับที่)	จำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน	จำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน
31	0	3	40	0	5
32	1	5	41	2	5
33	1	9	42	3	13
34	0	9	43	6	6
35	0	3	44	3	10
36	0	3	45	1	10
37	2	1	46	1	10
38	3	8	47	1	2
39	0	4	48	0	3

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแต่ละคนมีก่อนเรียนและหลังเรียน จากการวัดมโนมติ 14 มโนมติ พบว่านักเรียนแต่ละคนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตาราง 10

จากข้อมูลในตาราง 10 มาสร้างแผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายคน พบว่าเมื่อวิเคราะห์นักเรียนรายคน มีนักเรียนที่มีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 มีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์เท่าเดิม จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 มีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ลดลง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17



ภาพประกอบ 4 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายคน

เมื่อวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น พบว่า ค่าขนาดอิทธิพลโดยรวมมีค่าเท่ากับ1.81 (d = 1.81) แสดงว่า จัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับ สูง เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อที่ 3 และเมื่อพิจารณามโนมติรายข้อพบว่ามีค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ อยู่ระหว่าง 0.69 – 2.97 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง - สูง ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงค่าขนาดอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่มีผลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี

มโนมติข้อที่	d	แปลผล
1	0.91	ปานกลาง
2	2.28	สูง
3	1.14	ปานกลาง
4	2.28	สูง
5	2.28	สูง
6	2.97	สูง
7	1.37	ปานกลาง
8	2.06	สูง
9	1.37	ปานกลาง
10	0.69	ปานกลาง
11	2.28	สูง
12	2.06	สูง
13	1.83	สูง
14	1.83	สูง
โดยรวม	1.81	สูง

3. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน

เพื่อทำการศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มผู้เรียนตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากแบบทดสอบมโนมติวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้นเรื่อง สมดุลเคมีออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เรียนในระดับ ดี ปานกลาง อ่อน

พบว่าจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจมโนมติ ก่อนและหลังการเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น แสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 จำนวนผู้เรียนในกลุ่มระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

กลุ่ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
อ่อน	42	87.5	21	43.8
ปานกลาง	5	10.4	17	35.4
ดี	1	2.1	10	20.8
รวม	48	100	48	100

จากตารางที่ 12 พบว่าเมื่อทำแบบทดสอบมโนมติวิทยาศาสตร์สามลำดับขั้นเรื่อง สมดุลเคมี ก่อนเรียนจะสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มมีมโนมติระดับอ่อน จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 กลุ่มมีมโนมติระดับกลาง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10.4 กลุ่มมีมโนมติระดับดี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.1 และเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี พบว่าสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มมีมโนมติระดับอ่อน จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 43.8 กลุ่มมีมโนมติระดับกลาง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 35.4 กลุ่มมีมโนมติระดับดี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.8

จากตารางเห็นได้ว่าหลังนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี จำนวนนักเรียนกลุ่มอ่อน มีจำนวนลดลง 21 คน คิดเป็นร้อยละ 43.7 จำนวนนักเรียนกลุ่มปานกลาง มีจำนวนเพิ่มขึ้น 12 คน คิดเป็นร้อยละ 25 จำนวนนักเรียนกลุ่มดี มีจำนวนเพิ่มขึ้น 9 คน คิดเป็นร้อยละ18.7

จากนั้นเมื่อวิเคราะห์ในรายกลุ่มว่าหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติได้หรือไม่ อย่างไร ซึ่งพบข้อมูลดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงกลุ่มผู้เรียนรายกลุ่ม

กลุ่ม (ก่อนเรียน)	จำนวน	กลุ่ม (หลังเรียน)	จำนวน	ร้อยละเทียบก่อนและหลังเรียน
อ่อน	42	อ่อน	21	50.00
		กลาง	15	35.71
		ดี	6	14.29
กลาง	5	อ่อน	0	0.00
		กลาง	2	40.00
		ดี	3	60.00
ดี	1	อ่อน	0	0.00
		กลาง	0	0.00
		ดี	1	100.00

จากตาราง 13 พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี นักเรียนในกลุ่มอ่อน มีการพัฒนาไปสู่กลุ่มดี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 14.29 มีการพัฒนาไปสู่กลุ่มกลาง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 35.71 คิดเป็นการพัฒนาทั้งหมด ร้อยละ 50 และยังคงอยู่ในกลุ่มอ่อน จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 50 นักเรียนในกลุ่มกลาง มีการพัฒนาไปสู่กลุ่มดี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60 คิดเป็นการพัฒนาทั้งหมด ร้อยละ 60 และยังคงอยู่ในกลุ่มกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40 นักเรียนในกลุ่มดี ยังคงอยู่ในกลุ่มดี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 100

จากตาราง 13 เห็นได้ว่าผลของยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มกลางพัฒนามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาเป็นกลุ่มอ่อนมีการพัฒนา คิดเป็นร้อยละ 50 และนักเรียนในกลุ่มดี ยังคงอยู่ในกลุ่มดี คิดเป็นร้อยละ 100

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ครั้งนี้เป็นการวิจัยขั้นต้น (Pre-Experimental Research) ดำเนินการวิจัยตามแบบแผนการวิจัยแบบ One – Group Pretest – Posttest Design เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งหมายเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจากการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายของงานวิจัยไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน

สมมติฐานในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของงานวิจัยไว้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. นักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 80 มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติจากขาดมโนมติและความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มนักเรียนที่ศึกษาในชั้นนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 48 คน ที่ได้มากจากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) จากโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยโรงเรียนมีลักษณะการจัดหลักสูตรโดย จัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีทั้งหมดจบใน 5 เทอมแรก และทบทวนความรู้ในเทอมสุดท้ายของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาดำเนินการทดลองทั้งสิ้น 12 ชั่วโมงโดยแบ่งเป็นรายสัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง และทำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติสามลำดับขั้นเรื่องสมดุลเคมีก่อนและหลังเรียน อย่างละ 1 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเองทั้งหมด

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหาเรื่องสมดุลเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ซึ่งมีเนื้อหาในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลเคมี และหลักของเลอชาเตอลิเอ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ในการเปลี่ยนมโนมติเรื่องสมดุลเคมี โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการรียนรู้แบบ 7 ขั้น จำนวน 8 แผน ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00

2. แบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งแบบทดสอบแต่ละข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.16–0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.15-0.47 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.701

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยดำเนินขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ชี้แจงนักเรียนถึงขอบเขตการวิจัยในครั้งนี้ดำเนินภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัย 3 ประการ ได้แก่ หลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่อให้เกิดอันตราย หลักความยุติธรรม โดยขอการยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับกลุ่มที่ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้เวลา 1 คาบเรียน

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เป็นเวลา 4 สัปดาห์ 12 ชั่วโมง 8 แผนการจัดการเรียนรู้

4. ทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มที่ศึกษาใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย(ชุดเดียวกับก่อนเรียน) ใช้เวลา 1 คาบเรียน

5. นำข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการวิจัยมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ได้ตั้งไว้

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดกระทำและวิเคราะห์ผล ดังนี้

1. ในการทดสอบผู้เรียนด้วยแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นเรื่อง สมดุลเคมี มีการกำหนดเกณฑ์การให้รหัส ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนคำตอบของคำถาม

หากผู้เรียนตอบถูก ให้รหัส 1

หากผู้เรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 2 ส่วนเหตุผลของคำตอบ

หากผู้เรียนตอบถูก ให้รหัส 1

หากผู้เรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 3 ระดับความมั่นใจของคำตอบ

หากผู้เรียนตอบมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

หากผู้เรียนตอบไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

โดยนักเรียนที่ตอบถูกทั้งส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และมีความมั่นใจในคำตอบ จะได้ 1 คะแนน นักเรียนที่ตอบนอกเหนือจากนี้จะได้ 0 คะแนน

จากนั้นวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนรายบุคคลจากคะแนนของแบบทดสอบ 14 ข้อ คะแนนรวมทั้งฉบับ 14 คะแนน

และวิเคราะห์หาจำนวนและร้อยละมโนมติ ก่อนเรียนและหลังเรียน ค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติ และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากคะแนนสอบทั้งฉบับของนักเรียนรายกลุ่มก่อนและหลังเรียน

2. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมีก่อนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependent-Samples

3. ทำการจัดกลุ่มมโนมติของผู้เรียน 4 กลุ่ม (Kurniawa, 2018, pp. 3; Milenkovic, 2016, pp. 5; Prodjosantoso, 2019, pp. 4; ปัทมาพร ณ น่าน, 2561, น. 5; มนัสสิริ อินทร์สวาท, 2017, น. 5-6) จากแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับ เรื่องสมดุลเคมี โดยใช้เกณฑ์จากตารางที่ 1 ในบทที่ 2

4. คำนวณหาร้อยละของจำนวนผู้เรียนที่มีกลุ่มมโนมติลักษณะต่าง ๆ โดยจำแนกเป็นรายข้อ เพื่อพิจารณาว่าในแต่ละข้อคำถาม ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีมโนมติในเรื่องสมดุลเคมี เป็นอย่างไร

5. คำนวณเปรียบเทียบหาค่าพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้สถิติสูตรคะแนนพัฒนาการของผู้เรียน (Gain Score: G.S.) (ชมพู สุรกาญจนชาติ, 2557, น. 107)

6. คำนวณหาร้อยละของจำนวนผู้เรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติจากมโนมติที่คลาดเคลื่อนและขาดมโนมติมาสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังจากการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

7. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมีของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยรวมและรายข้อโดยใช้สถิติสูตรค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size: d)

8. วิเคราะห์ผู้เรียนรายกลุ่มตามระดับความเข้าใจมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับ ดี ปานกลาง และอ่อน โดยผู้เรียนระดับดี หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มสูง คือช่วงร้อยละ 67.00-100 ผู้เรียนระดับปานกลาง หมายถึง

ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มกลาง คือ ช่วงร้อยละ 33.00-66.99 และผู้เรียนระดับอ่อน หมายถึง ผู้เรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติอยู่ในกลุ่มล่าง คือ ช่วงร้อยละ 0.00-32.99 เรียงลำดับผู้เรียนจากคะแนนรวมของแบบทดสอบจากต่ำไปสูง จากนั้นคำนวณหาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยและผลการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การสังเคราะห์ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปลี่ยนมโนมติของผู้เรียนให้อยู่ในกลุ่มที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยคำนึงถึงเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงมโนมติ 3 เงื่อนไข และ 4 ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน โดยมีเงื่อนไขของมโนมติที่ผู้เรียนจะเกิดการยอมรับดังนี้ 1.) มโนมติต้องเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) 2.) มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) 3.) มีประโยชน์ (Fruitful) และ ยุทธศาสตร์การสอนที่สามารถใช้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนมโนมติตามเงื่อนไขนั้นประกอบได้ 1.) การบูรณาการ (Integration) 2.) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) 3.) การแลกเปลี่ยน (Exchange) 4.) การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบความรู้ มโนมติเดิมของตนเองโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้คำถาม การทดลอง หรือยกตัวอย่างสถานการณ์เป็นต้น เพื่อให้ทราบว่ามโนมติเดิมที่ตนเองมีอยู่นั้นเป็นอย่างไรและนำไปเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนกับมโนมติใหม่ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้น เร้าความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อสร้างมโนมติในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสำรวจ ค้นหา เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาคำตอบของในประเด็นหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของตนเอง และแสวงหามโนมติใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียน สร้างคำอธิบาย ข้อสรุปมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นก่อนหน้า โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน ซึ่งมโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมที่มีอยู่ โดยใช้สถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการขยายขอบเขตความรู้ มโนมติให้กว้าง ลึกและครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เกิดการยอมรับมโนมติใหม่และปฏิเสธมโนมติเดิมที่มีอยู่

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนประเมินมโนมติใหม่ของตนเอง ว่ามโนมติของตนเองนั้นมีประโยชน์ สามารถใช้ทำนาย อธิบาย และแก้ปัญหาได้ ดีกว่ามโนมติเดิม

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำมโนมติใหม่ที่ได้รับไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม

2. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบ t-test แบบ Dependent Sample พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

ในภาพรวม ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 12.6 มโนมติคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 17.3 ขาดมโนมติเฉลี่ยร้อยละ 36.9 และมีการเดาคำตอบทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 33.2 หลังผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี พบว่า ในภาพรวมหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 39.4 มโนมติคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 29.3 ขาดมโนมติเฉลี่ยร้อยละ 11.9 และมีการเดาคำตอบทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 19.2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นในทุกมโนมติ มีการขาดมโนมติลดลงในทุกมโนมติ นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบมากขึ้นและมีการเดาคำตอบน้อยลง

เมื่อนำค่าเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนของ นักเรียน ที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มาพิจารณาหาค่าคะแนนร้อยละพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องสมดุลเคมี พบว่ามีค่าอยู่ที่ร้อยละ 30.66 ซึ่งถือว่าภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง และรายข้ออยู่ในช่วงร้อยละ 10.42 - 56.41 ถือว่าอยู่ในระดับการพัฒนาตั้งแต่ ต้น – สูง

จึงสามารถสรุปได้ว่า ผู้เรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติจากขาดมโนมติและความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีนักเรียนที่มีมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 83.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

เมื่อวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น พบว่า ค่าขนาดอิทธิพลโดยรวมมีค่าเท่ากับ1.81 (d = 1.81) และเมื่อพิจารณามโนมติรายข้อพบว่ามีค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ อยู่ระหว่าง 0.69 – 2.97

จึงสรุปได้ว่ากิจกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับ สูง เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อที่ 3 ที่ระดับ 1.80 และรายข้อมโนมติอยู่ในระดับ ปานกลาง - สูง

3. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน เพื่อทำการศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้นที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มผู้เรียนตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากแบบทดสอบมโนมติวิทยาศาสตร์ 3 ลำดับขั้นเรื่อง สมดุลเคมีออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เรียนในระดับ ดี ปานกลาง อ่อน พบว่าก่อนเรียนจะสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มมีมโนมติระดับอ่อน จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 กลุ่มมีมโนมติระดับกลาง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10.4 กลุ่มมีมโนมติระดับดี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.1 และเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี พบว่าสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มมีมโนมติระดับอ่อน จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 43.8 กลุ่มมีมโนมติระดับกลาง

จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 35.4 กลุ่มมีมโนมติระดับดี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.8 เมื่อวิเคราะห์ในรายกลุ่มว่าหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี นักเรียนในกลุ่มอ่อน มีการพัฒนาไปสู่กลุ่มดี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 14.29 มีการพัฒนาไปสู่กลุ่มกลาง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 35.71 คิดเป็นการพัฒนาทั้งหมด ร้อยละ 50 และยังคงอยู่ในกลุ่มอ่อน จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 50 นักเรียนในกลุ่มกลาง มีการพัฒนาไปสู่กลุ่มดี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60 คิดเป็นการพัฒนาทั้งหมด ร้อยละ 60 และยังคงอยู่ในกลุ่มกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40 นักเรียนในกลุ่มดี ยังคงอยู่ในกลุ่มดี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 100

จึงสามารถสรุปได้ว่า ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มกลางพัฒนามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาเป็นกลุ่มอ่อนมีการพัฒนา คิดเป็นร้อยละ 50 และนักเรียนในกลุ่มดี ยังคงอยู่ในกลุ่มดี คิดเป็นร้อยละ 100

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษามโนมติของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. **การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

จากผลการวิจัยที่ปรากฏ การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถนำมาใช้ในการจัด การเรียนรู้แก่ผู้เรียนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของผู้เรียนให้สมบูรณ์มากขึ้นได้เป็นอย่างดี เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความชัดเจนในหลักการการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน มีการระบุลักษณะของมโนมติใหม่ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติไว้อย่างชัดเจน ซึ่งมีเงื่อนไข 3 ประการ ที่มโนมติใหม่จะบูรณาการเข้ากับมโนมติเดิมได้ คือ 1) แนวความคิดใหม่เข้าใจ

ได้ง่าย (Intelligible) 2) แนวความคิดใหม่มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (Plausible) 3) แนวความคิดใหม่มีประโยชน์ต่อผู้เรียน (Fruitful) จึงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ ทำให้สามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึง 3 เงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนมโนมติได้ นอกจากนี้ การกำหนดยุทธศาสตร์หรือกลยุทธ์ในการสอนเพื่อใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ ประกอบด้วย 1) การบูรณาการ (Integration) เพื่อเป็นการบูรณการการรับรู้มโนมติใหม่กับการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิม หรือบูรณาการการรับรู้มโนมติต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน 2) การแยกความแตกต่าง (Differentiation) เพื่อเป็นการให้แยกการรับรู้มโนมติที่มีอยู่กับการรับรู้มโนมติอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่า 3) การแลกเปลี่ยน (Exchange) เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนการรับรู้มโนมติที่มีอยู่เดิมกับมโนมติใหม่ เพราะการับรู้มโนมตินั้นขัดแย้งกัน ทำให้เกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมและเห็นมโนมติใหม่นั้นมีประโยชน์ในขณะเดียวกัน และ 4) การเชื่อมประสานการรับรู้มโนมติ (Conceptual bridging) เพื่อเป็นการสร้างบริบทที่เหมาะสามารถเชื่อมโยงมโนมตินามธรรมกับประสบการณ์ทั่วไป ช่วยทำให้มองเห็นว่ามโนมติใหม่มีเหตุผลน่าเชื่อถือและมีประโยชน์น่าพอใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวนีย์ สังฆะขี (2554, น. 71) ปวีนา งามชัด (2556, น. 256) สังวาลย์ อติรัตนวงษ์ (2556, น. 111) และ อิสราพร เภรินทวงค์ (2557, น. 91) ที่ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน แล้วสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนได้ แต่เนื่องจากยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ไม่มีรูปแบบ ขั้นตอนการสอนที่เป็นขั้นตอนที่แน่นอน ทำให้ผู้สอนออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้ยาก (เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554, น. 62-71; พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553, น. 114-115) ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน หรือนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่นที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนมาประยุกต์เข้ากับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน โดยผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ มาสร้างเป็นขั้นตอนโดยใช้ ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้สามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนได้ (จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554, น. 27; ศิริกุล พลบูรณ์, 2550, น. 36) ซึ่งผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ไปจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติค้นพบว่าในแต่ละขั้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น สามารถสะท้อนและชูลักษณะของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันได้เป็นอย่างดี ดังนี้ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) สามารถทำให้ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบความรู้ มโนมติเดิมของ

ตนเอง 2) ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความความอยากรู้อยากเห็นจากประเด็น สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องนำไปสู่การหาคำตอบ เพื่อสร้างมโนมติในขั้นต่อไป 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) สามารถทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในมโนมติเดิมของตนเอง และแสวงหามโนมติใหม่ 4) ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) สามารถชี้ให้เห็นว่ามโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ได้ 5) ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) ทำให้เกิดการเชื่อมโยงของมโนมติและทำให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เกิดการยอมรับมโนมติใหม่และปฏิเสธมโนมติเดิมที่มีอยู่ 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) สามารถทำให้ผู้เรียนประเมินมโนมติใหม่ของตนเอง ว่ามโนมติของตนเองนั้นมีประโยชน์ สามารถใช้ทำนาย อธิบาย และแก้ปัญหาได้ ดีกว่ามโนมติเดิม 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) สามารถทำให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติใหม่ที่เกิดขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ซึ่งจากผลการวิจัยนี้ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นแสดงให้เห็นว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีผลทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงมโนมติสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีการละทิ้งมโนมติที่คลาดเคลื่อน และมีการขาดมโนมติลดลง

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบของงานวิจัยนี้ว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีค่าเฉลี่ยมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการอภิปรายข้างต้น สามารถสรุปเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ได้ดังนี้

1. ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนควรคำนึงถึงเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนมติของฮิวสันและฮิวสันเป็นหลัก จากนั้นสร้างขั้นตอนในการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ภายใต้ยุทธศาสตร์ของฮิวสันและฮิวสัน จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติอย่างมีประสิทธิภาพ

2. สถานการณ์ต่าง ๆ ที่นำมายกตัวอย่างหรือใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์นั้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับชีวิตประจำวันให้ได้มากที่สุด และทำให้เห็นประโยชน์ของมโนมติทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ อย่างดี

3. การออกแบบการจัดการเรียนรู้ควรเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้หาข้อมูลเพื่อนำมาอธิบาย ลงข้อสรุป นำไปใช้ จะทำให้ผู้เรียนสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและเกิดการยอมรับมโนมติใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้อย่างสมบูรณ์

2. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากการศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่ามโนมติของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์มโนมติทางวิทยาศาสตร์รายข้อ รายมโนมติ พบว่าในภาพรวมหลังผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ผู้เรียนมีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น มโนมติคลาดเคลื่อน การขาดมโนมติลดลง และการเดาคำตอบลดลง แสดงให้เห็นว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี สามารถพัฒนามโนมติของผู้เรียนได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวนีย์ สังฆะขี (2554, น. 71) ปวีนา งามชัด (2556, น. 256) สังวาลย์ อติรัตนวงษ์ (2556, น. 111) และ อิสราพร เภรินทวงค์ (2557, น. 91) ที่ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดารัตน์ แก้วพิกุล (2554, น. 27) และ ศิริกุล พลบูรณ์ (2550, น. 3) ที่ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น แล้วสามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนได้ และเมื่อนำผลการวิจัยมาพิจารณาหาค่าคะแนนร้อยละพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องสมดุลเคมี พบว่ามีค่าอยู่ที่ร้อยละ 30.66 ซึ่งถือว่าภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง และรายข้ออยู่ในช่วงร้อยละ 10.42 - 56.41 อยู่ในระดับ ต้น – สูง สอดคล้องกับงานวิจัยของฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003) ที่คะแนนเฉลี่ยหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (17.67% และ 52.33%) จากผลการวิจัยเห็นได้ว่าค่าคะแนนร้อยละพัฒนาการของผู้เรียนอยู่ในขั้นการพัฒนาระดับกลาง เนื่องมาจาก กลุ่มผู้เรียนเป็นผู้ที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้วจึงมีมโนมติเดิมที่ยากต่อการแก้ไขซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของพินทริชและคณะ (1993, pp. 170) นอกจากนี้การให้คะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นเรื่องสมดุลเคมีที่ใช้ในการวิจัย ยังมีการให้คะแนนเมื่อผู้เรียนตอบถูกในส่วนที่ 1 (จากตัวเลือก 4 ข้อ) ส่วนที่ 2 (จากตัวเลือก 5 ข้อ) และตอบมั่นใจจากส่วนที่ 3 (จากตัวเลือก 2 ข้อ) ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วน 1 ใน 40 ที่ผู้เรียนจะตอบถูกเพื่อได้ 1 คะแนน จากข้อคำถาม ซึ่งแบบทดสอบมี 14 ข้อ

จึงทำให้คะแนนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไม่สูงมาก แต่หากวิเคราะห์ในส่วนของจำนวนการขาดมโนมติ หรือจำนวนการเดาคำตอบ จะพบว่าหลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่องสมดุลเคมี ผู้เรียนจะมีการขาดมโนมติ และจำนวนการเดาคำตอบลดลงมากซึ่งสังเกตได้จากผลการวิจัยจากแบบทดสอบข้อที่ 11 มโนมติเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอ ที่มีการขาดมโนมติจากร้อยละ 47.9 เหลือ ร้อยละ 8.3 เมื่อดเทียบก่อนและหลังเรียน และจากแบบทดสอบข้อที่ 5 มโนมติเรื่องค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี ที่มีการเดาคำตอบลดลงจาก ร้อยละ 45.8 เหลือ ร้อยละ 20.9 เท่านั้น และนอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบมโนมติสามลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี ของนัก เรียนทุกคนก่อนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ พบว่าเมื่อวิเคราะห์นักเรียนรายคน มีนักเรียนที่มีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 มีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์เท่าเดิม จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 มีจำนวนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ลดลง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17

ด้วยผลการวิจัยดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนว่าข้อค้นพบที่ว่า ค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนร้อยละ 83.33 มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติจากขาดมโนมติและความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนสู่ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น

เมื่อวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น พบว่า ค่าขนาดอิทธิพลโดยรวมมีค่าเท่ากับ1.81 (d = 1.81) และเมื่อพิจารณามโนมติรายข้อพบว่ามีค่าขนาดอิทธิพลต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ อยู่ระหว่าง 0.69 – 2.97

ด้วยผลการวิจัยดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนว่าข้อค้นพบที่ว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับ สูง

3. ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุล

เคมี ของผู้เรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติที่แตกต่างกัน พบว่า นักเรียนที่ถูกจัดกลุ่มอยู่ในความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมีในกลุ่มอ่อน มีจำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 กลุ่มมีมโนมติระดับกลาง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10.4 กลุ่มมีมโนมติระดับดี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.1 และเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี พบว่าสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มมีมโนมติระดับอ่อน จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 43.8 กลุ่มมีมโนมติระดับกลาง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 35.4 กลุ่มมีมโนมติระดับดี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.8 จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีการพัฒนาจากกลุ่มอ่อนไปปานกลาง กลุ่มปานกลางไปกลุ่มดี มากขึ้น จากนั้นเมื่อวิเคราะห์รายกลุ่มจะพบว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ทำให้ผู้เรียนในกลุ่มกลางพัฒนามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาเป็นกลุ่มอ่อนมีการพัฒนา คิดเป็นร้อยละ 50 และผู้เรียนในกลุ่มดี ยังคงอยู่ในกลุ่มดี คิดเป็นร้อยละ 100 จากผลการวิจัยเนื่องมาจากในการวิจัยครั้งนี้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว จึงทำให้ผู้เรียนที่มีมโนมติในกลุ่มกลางสามารถพัฒนามโนมติสู่กลุ่มที่สูงขึ้นได้ดีกว่าเนื่องมาจากมีมโนมติเดิมที่นำมาเรียนรู้เปรียบเทียบกับมโนมติใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาได้ดีกว่าผู้เรียนในกลุ่มอ่อนที่มักมีมโนมติเดิมที่คลาดเคลื่อนมากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ยาก จึงไม่เกิดการเรียนรู้มโนมติใหม่ตามที่ควรเป็น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จินดารัตน์ แก้วพิกุล (2554: 110) ที่ได้อภิปรายผลการทดลองไว้ว่าในกระบวนการเรียนรู้ถ้าผู้เรียนมีความรู้มาก่อนแล้ว จะง่ายต่อการนำความรู้ที่เรียนมาไปเชื่อมโยงกับมโนมติเดิมได้

ด้วยผลการวิจัยดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนว่าข้อค้นพบที่ว่ายุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ทำให้ผู้เรียนในกลุ่มกลางมีการพัฒนามากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการวิจัย ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมีสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติได้จริง ดังนั้นครูผู้สอนที่ต้องการปรับเปลี่ยนมโนมติของผู้เรียนควรคำนึงถึงเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงมโนมติ 3 เงื่อนไขและยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน 4 ยุทธศาสตร์ จึงจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติของผู้เรียนในที่สุด

1.2 การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้สูงสุด สถานการณ์ต่าง ๆ ที่ครูผู้สอนจะต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยเลือกสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เหมาะสมกับหัวข้อที่ทำการสอน และเป็นสถานการณ์ที่แสดงให้ผู้เรียนเห็นว่ามโนมติใหม่ที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถนำไปใช้อธิบายได้ ผู้เรียนจึงจะเกิดการยอมรับมโนมติใหม่และเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

2.1 ในการเก็บข้อมูลการวิจัยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ในครั้งนี้นั้นเป็นการเก็บผลจากแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี เพียงอย่างเดียว ในการวิจัยครั้งหน้าเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นควรใช้เครื่องมืออื่น ๆ ในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งอาจช่วยวิเคราะห์มโนมติของผู้เรียนได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2.2 จากผลการวิจัยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี สามารถพัฒนามโนมติของผู้เรียนได้ จึงสามารถนำไปใช้ในการวิจัยการเปลี่ยนมโนมติในหัวข้ออื่น ๆ ของวิชาเคมี หรือวิทยาศาสตร์ ว่ามีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมกับเนื้อหาในบริบทอื่น ๆ ได้หรือไม่โดยต้องคำนึงการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอในข้อ 1.1

2.3 จากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยพบว่าหลังจากผู้เรียนได้รับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี ไปแล้วนั้นแม้จะมีการลดลงของการขาดมโนมติอย่างมาก แต่ยังคงพบมโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมโนมติหลักเรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล คือ ค่าคงที่สมดุลบอกให้ทราบว่า ณ ภาวะสมดุลมีผลิตภัณฑ์หรือมีสารตั้งต้นอยู่ในระบบมากน้อยเพียงใด ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น ข้อที่ 7 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษากลยุทธ์หรือเทคนิคการสอนเพิ่มเติมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ไขมโนมติคลาดเคลื่อนในเรื่องนี้

2.4 ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เรื่อง สมดุลเคมี กับนักเรียนที่ผ่านการเรียน เรื่อง สมดุลเคมีมาแล้ว ทั้งนี้ในงานวิจัยต่อไปควรจะนำยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ยังไม่ได้เรียนเรื่อง

สมดุลเคมีมาก่อน ซึ่งอาจจะช่วยสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เช่นเดียวกันหรือดีกว่า เนื่องจากผู้เรียนอาจจะมีความคิดคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน

2.5 ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง ทั้งนี้ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะดำเนินการศึกษากับกลุ่มครูผู้สอนเคมีหรือวิชาอื่น ๆ จำนวนมากขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของฮิวสันและฮิวสัน ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ว่าสามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง สมดุลเคมีและเรื่องอื่น ๆ ได้เช่นเดียวกันหรือไม่

บรรณานุกรม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายอรรถพล พลอยมีค่า
วัน เดือน ปี เกิด	5 ตุลาคม 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	กศ.บ. (วิทยาศาสตร์-เคมี) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	161/109 ซ.จรัญสนิทวงศ์27 แขวงบางขุนศรี เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร

Anjum, N. (2013). An Exploration of students' Misconceptions about the Concept 'Classification of Animals' at Secondary Level and Effectiveness of Inquiry Method for Conceptual Change. *Journal of Faculty of Education Sciences,* 46(2), 195-214.

Caleon& Imelda, S. S., R. (2009). Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four–Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Research science education*(40), 313-337.

Cho, H. H. J. B. K., & Nordland, F.H. (1985). An Investigation of High School Biology Textbook as Sources of Misconceptions and Difficulties in Genetics and Some Suggestions for Teaching Genetics. *Science Education,* 69(5), 707-719.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model: A Proposed 7E Model Emphasizes Trans of Learning and the Importance of Eliciting Prior Understanding. *The Science Teacher,* 70(6), 56-59.

Gordon, R. M. (1992). The Simulation Theory: Objections and Misconceptions. *Mind & Language,* 7(1-2), 11-34.

Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 Student's Misconceptions Relation to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching,* 25(9), 611-628.

Hesse. (1989). *Sensors: a comprehensive survey*. New York: VCH.

Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (2003). Effect of instruction using students' prior knowledge and Conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research Teaching,* 25(8), 35-43.

Johansson, R. T., Marton;& Svenson, L. . (1985). An approach to describing learning as change between qualitatively different conceptions in cognitive structure and conceptual change. 233-257.

Khalick, F. E. (2000). The Infuence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching,* 37(10), 1057-1095.

Kurniawa, Y. (2018). INVESTIGATION OF THE MISCONCEPTION IN NEWTON II LAW. *Jurnal Pena Sains,* 5(1), 11-18.

Milenkovic, D. D. (2016). Development of a Three-Tier Test as a Valid Diagnostic Tool for Identification of Misconceptions Related to Carbohydrates *Journal of Chemical Education*(93), 1514-1520.

Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education,* 67(4), 489-508.

Ozemm, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice,* 9, 225-233.

Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond Cold Conceptual Factors in Process of Conceptual Change. *Reviews of Educational Research,* 63(2), 211.

Posner, G. J. e. a. (1982). Accommodation of a Scientific Conception Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education,* 66(2), 211-215.

Prodjosantoso, A. K. (2019). The Misconception Diagnosis on Ionic and Covalent Bonds Concepts with Three Tier Diagnostic Test. *International Journal of Instruction,* 12(1), 1477-1488.

Saksri, S. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. *Chemistry Education Research and Practice,* 16, 121-132.

Treagust, D. E., & Garnett, P. J. (1992). Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electric Circuits (Galvanic) and Electrolytic Cell. *Journal of Research in Science Teaching,* 29(10), 1079-1099.

Tsai, C. C. C., C. (2002). Diagnosing Students' Alternative Conceptions in Science. *Journal of Computer Assisted Learning,* 18, 157-165.

Tuysuz, C. (2009). Development of Two-Tier Diagnostic Instrument and Assess Students' Understanding in Chemistry. *Scientific Research and Essay,* 4(6), 626-631.

Voska, K. W. H., H. W. (2000). Identification and Analysis of Student Conceptions Used to Solve Chemical Equilibrium Problems. *Journal of Research in Science Teaching,* 37(2), 160-176.

Wandersee, J. H. (1985). Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Student's Misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching,* 23(7), 581-597.

Wheatley, G. H. (1991). Constructivism Perspective on Science and Mathematics. *Science Education,* 75(1), 9-21.

Winifred, R. M. (1973). *Dictionary of Education* (3rd). Newyork: McGraw-Hill.

Xinxin, F. (2015). *Effectiveness of an Inquiry-based Learning using Interactive Simulations for Enhancing Students' Conceptual Understanding in Physics.* (Doctor of Philosophy). The University Of Queensland, Australia. (2)

Za'Rour, G. I. (1975). Science Misconceptions Among Certain Groups of Students in Lebanon. *Journal of Research in Scince Teaching,* 12(3), 385-391.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (*PECA)* ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา).

เชษฐา ปัทมสีแก้ว. (2561). การพัฒนาระบบการวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 13(38), 105-118.

เชียดฟ้า แซ่ฉิน. (2536). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาเคมีเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร. (ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (การวัดผลการศึกษา).

เยาวเรศ ใจเย็น, เ. บ., ,และ และ นฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องสมดลุเคมี ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 13(4), 541-553.

เสาวนีย์ สังฆะขี. (2554). ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. (49)

เสาวลักษณ์ พิมพ์ดี. (2554). ผลการนำหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้จากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

โสภา อรุณใหม่. (2557). การศึกษาแนวคิด เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2537). การเรียนรู้ตามกลุ่มทรรศนะกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้กับการสอนวิทยาศาสตร์. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม(12), 111-119.

จินดารัตน์ แก้วพิกุล. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปลี่ยนแปลงแนวคิด และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ฉันทนาพร แสงสุทธิเศรษฐ์. (2562). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังแนวคิด. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 14(3), 107-120.

ชมพู สุรกาญจนชาติ. (2557). ผลของการให้คำปรึกษาแบบกลุ่ม โดยใช้บรรณบำบัดที่มีต่อการเรียนรู้แบบนำตนเองของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคโนโลยีปัญญาภิวัฒน์. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์).

ชัยยันต์ ศรีเชียงหา. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจ าลองเป็นฐาน. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2552). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. นนทบุรี: ไทยเนรมิต กิจอินเตอร์ โปรเกรส ซีฟ.

ณัฐฐา พวงไพโรจน์. (2560). การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหา เรื่องสมดุลเคมี เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (20)

ถนอมสิน วันสุดล. (2547). การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติชีววิทยา : พืชหรือสัตว์ การจำแนกพืช และการจำแนกสัตว์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เทคนิคการสอนของ *Hesse*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ทิศนา แขมมณี. (2558). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธาดา สืบหลินวงศ์, พ. ม., สุธี พานิชกุล,. (2550). แนวทางจริยธรรมการทำวิจัยในคนประเทศไทย พ.ศ. 2550. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม. (2547). แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียน. วารสารการประเมินผลทางการศึกษา, 1(2), 68-84.

นิตยา ฤทธิ. (2016). การเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนแบบซิปปาเสริมด้วยเทคนิคการอุปมาและการเรียนแบบปกติ. *The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal (GTHJ.)*, 22(2), 158-169.

บุญชม ศรีสะอาด. (2540). การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

บุญสม สุวรรณหงษ์. (2546). การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เทคนิคการสอนของ *Hesse*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ปฐมพงศ์ อัมประกา. (2546). การสอนเพื่อเปลี่ยนแนวคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติชีววิทยา : การหมุนเวียนของเลือดและก๊าซ และการกำจัดของเสีย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้เทคนิคการสอนของ *Hesse*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี หลำเบ็ญสะ. (2561). การวัดและประเมินผลการศึกษา. ยะลา: ศูนย์ส่งเสริมการทำผลงานวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. (2527). เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 6. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ปวีนา งามชัด. (2556). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างการเห็นคุณค่า ในตนเองกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ปัทมาพร ณ น่าน. (2561). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 16(1), 198-208.

พงศ์ผกา ถิ่นแสนดี. (2547). การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสงและการสะท้อนของแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เทคนิคการสอนของ *Hesse*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ. (2553). การปรับเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามแนวคิดของ *Hewson and Hewson (*2003). (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. (70)

มนัสสิริ อินทร์สวาท. (2017). การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทาง คณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน วาสารอิเล็กทรอนอกส์ทางการศึกษา, 12(3), 409-424.

รุ่งนภา เอียงอุบล. (2555). การพัฒนาแนวคิดเรื่องกรดและเบสของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์. (การศึกษามหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์การศึกษา)). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).

ล้วน สายยศ, อ. ส. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

วิทยา ภาชื่น. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงในมโนมติ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กรุงเทพฯ.

วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริเดช สุชีวะ. (2546). การวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็งของผู้เรียน ในการประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริกุล พลบูรณ์. (2550). การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิด และแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติชีววิทยาเรื่องเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ และการคิดวิพากษ์วิจารณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทีมีเพศต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สังวาลย์ อติรัตนวงษ์. (2556). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ *Hewson & Hewson (*2003) ร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. (109)

สุพรรษา หอมฤทธิ์. (2559). การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุภกิจ จวงจันทร์. (2547). ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบการสร้างความรู้จากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนร่วมกับการส่งเสริมการใช้ทักษะภาษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 28(2), 48-57.

สุภาพ ตาเมือง. (2560). ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนต้นทุนต่ำเพื่อสนับสนุนความเข้าใจมโนมติเรื่อง สมดุลเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 8(2), 11-12.

อนงค์รัตน์ แก้วบำรุง. (2554). ผลของการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อัศวิน พุ่มมรินทร์. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้แบบซิปปา (*CIPPA MODEL)* เรื่อง ลำดับและอนุกรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อิสราพร เภรินทวงค์ (2557). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ *Hewson & Hewson (*2003) ร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร วิทยาเขตบางเขน
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวเรศ ใจเย็น	ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร วิทยาเขตบางเขน
5. อาจารย์ ดร.อุษา จีนเจนกิจ	สาขาวิชาเคมี โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์
6. อาจารย์ยุพา ปลีผลา	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนโยธินบูรณะ

ภาคผนวก ข

- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแนวคิดเชิงประพจน์ และแผนผังมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแนวคิดเชิงประพจน์ และแผนผังมโนมติ เรื่องสมดุลเคมี

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ความถูกต้อง					ความสอดคล้อง				
	ผู้เชี่ยวชาญ1	ผู้เชี่ยวชาญ2	ผู้เชี่ยวชาญ3	IOC	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ1	ผู้เชี่ยวชาญ2	ผู้เชี่ยวชาญ3	IOC	แปลผล
ด้านที่1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้										
1	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
2	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
3	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
4	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
ด้านที่2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล										
5	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
6	1	0	1	0.67	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
7	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
8	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
9	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
ด้านที่3การรบกวนสมดุลเคมี										
10	1	0	1	0.67	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
11	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
12	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
13	1	0	1	0.67	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง
14	1	1	1	1.00	ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ถูกต้อง

ตาราง 15 -ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้	ความถูกต้อง				
	ผู้เชี่ยวชาญ1	ผู้เชี่ยวชาญ2	ผู้เชี่ยวชาญ3	IOC	แปลผล
1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และภาวะสมดุล	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
2. ค่าคงที่สมดุล	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3. ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4. การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลเมื่อทราบความเข้มข้นที่ภาวะสมดุล	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
5. การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลเมื่อไม่ทราบความเข้มข้นของสาร ณ ภาวะสมดุล	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
6. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล เรื่องความเข้มข้นและอุณหภูมิ	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
8. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุล เรื่องความดัน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แบบทดสอบวินิจฉัย	ความสอดคล้อง			IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ1	ผู้เชี่ยวชาญ2	ผู้เชี่ยวชาญ3		
ด้านที่1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้					
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4	1	0	1	0.67	ใช้ได้
ด้านที่2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุล					
5	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1.00	ใช้ได้
ด้านที่3การรบกวนสมดุลเคมี					
12	1	1	1	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	1.00	ใช้ได้