

Thai High School Students' Conceptions about Chemical Equilibrium

Yaowares Chaiyen¹, Pensri Bunsawansong² and Naruemon Yutakom³

¹Ph.D. (Science Education) Candidate,

The Program to Prepare Research and Development Personnel for Science Education,

E-mail : feduyrc@ku.ac.th

²Ph.D. (Physical Chemistry)

Department of Chemistry, Faculty of Science,

³Ph.D. (Science Education), Assistant Professor,

Department of Education, Faculty of Education,

Faculty of Education, Kasetsart University.

Abstract

The aim of this study was to investigate Thai high school students' conceptions of chemical equilibrium. One hundred and twenty five Thai high school students from three schools in Chanthaburi Province were asked to complete the Chemical Equilibrium Concept Survey (CECS) consisting of 10 questions related to this concept. The results showed that most of Thai high school students' conceptions of chemical equilibrium ranged from a partial understanding to no understanding in the topic of changes to be equilibrium, equilibrium in chemical reaction, equilibrium constant, factors affecting equilibrium conditions and Le Chatelier's principle, and chemical equilibrium in living things and in industrial applications. A few students showed sound understanding in some topic of chemical equilibrium concept. These findings suggested that more effective teaching strategies need to be developed for enhancing students' sound understanding of chemical equilibrium concept.

Keywords: alternative conception, chemical equilibrium, high school student, student's conception

Songklanakar Journal of Social Science and Humanities 13(4) Oct. - Dec. 2007: 541-553

รับต้นฉบับ 2 ตุลาคม 2549 ปรับปรุง-แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 9 เมษายน 2550

รับลงตีพิมพ์ 1 พฤษภาคม 2550

แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เยาวเรศ ใจเย็น¹, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง² และนฤมล ยุตาคม³

นิสิตระดับปริญญาตรีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: feduyrc@ku.ac.th

²Ph.D. (Physical Chemistry)

³Ph.D. (Science Education), ผู้ช่วยศาสตราจารย์,
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 125 คน จากโรงเรียน 3 แห่งในจังหวัดจันทบุรี นักเรียนเหล่านี้ตอบคำถามในแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี (Chemical Equilibrium Concept Survey, CECS) ซึ่งประกอบด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ลักษณะของสมดุลเคมี ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอ และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เป็นแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์จนถึงไม่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เป็นส่วนมาก มีนักเรียนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี ผลที่ได้จากการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมดุลเคมีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี

คำสำคัญ: นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย, แนวคิดของนักเรียน, แนวคิดทางเลือก, สมดุลเคมี

บทนำ

สมดุลเคมีเป็นแนวคิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการเรียนการสอนเคมี เนื่องจาก แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาแนวคิดอื่น ๆ ของเคมี เช่น การศึกษาเรื่องกรด เบสในชีวิตประจำวัน ปฏิริยาไฟฟ้าเคมีและอุตสาหกรรม การที่นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีอาจส่งผลให้นักเรียนประสบปัญหาการเรียนวิชาเคมีชั้นสูงต่อไปในอนาคตได้ (Bergquist & Heikkinen, 1990) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหลายประเทศจึงได้บรรจุแนวคิด เรื่องสมดุลเคมีไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชาติ (AAAS, 1993; NRC, 1995) เช่นเดียวกับกับประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้บรรจุแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็นหัวข้อหนึ่งในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นนักด้านวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2003) จาก การวิเคราะห์หลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่า การเรียนการสอนเรื่องสมดุลเคมี เริ่มต้นจากการศึกษา เรื่องการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผันกลับได้เพื่อนำไปสู่ เรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและภาวะสมดุลใน ปฏิริยาเคมี ต่อจากนั้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ณ ภาวะสมดุล การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอ การนำหลักของเลอชาเตอลิเอมาประยุกต์ใช้ใน อุตสาหกรรม รวมถึงการศึกษาภาวะสมดุลที่เกิดขึ้น ในกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย ปรากฏการณ์ทาง ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สสวท., 2001:50)

อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีจัดเป็นแนวคิดหนึ่งที่ยากมากในการศึกษาวิชาเคมี (Hackling & Garnett, 1985)

ดังจะเห็นได้จากการที่นักเรียนไม่ว่าจะเป็นระดับ มัธยมศึกษาหรืออุดมศึกษาเป็นจำนวนมาก มีแนวคิด คลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมี (Garnett et al., 1995) จากเหตุผลข้างต้นนี้ทำให้นักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการ สำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็นหัวข้อหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจเป็นอย่างมากจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษา ทั่วโลก (Benejee, 1991; Cardellini, 2000; and Chui et al., 2002) จุดมุ่งหมายของงานวิจัยเหล่านี้ มุ่งเน้นที่จะศึกษาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของครูและ นักเรียนในระดับชั้นต่าง ๆ รวมถึงวิเคราะห์สาเหตุที่ ทำให้นักเรียนเหล่านั้นประสบปัญหาในการทำ ความเข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น แบบวัดแนวคิด การสัมภาษณ์ หรือการสร้างผัง แนวคิด เป็นต้น ผลที่ได้จากการวิจัยที่ผ่านมาบ่งชี้ว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน ในแทบทุกเนื้อหาของ แนวคิดเรื่องสมดุลเคมี ได้แก่ ลักษณะของสมดุลใน ปฏิริยาเคมี (Van Driel et al., 1998) ค่าคงที่ สมดุล (Kousathana and Tsaparlis, 2002) ปัจจัยที่ มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอ (Quilez-Pardo & Solar-Portoles, 1995) นอกจากนี้ผลงาน วิจัยที่ผ่านมายังบ่งชี้ด้วยว่าสาเหตุต่าง ๆ ที่อาจทำให้นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน ได้แก่ 1) ลักษณะ แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็นแนวคิด ที่เป็นนามธรรม (Van Driel, 2002) 2) แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเป็น แนวคิดที่เชื่อมโยงกับแนวคิดอื่น ๆ มาก (Camacho & Good, 1989; Huddle and Pillay, 1996) 3) ความ ไม่สอดคล้องของภาษาที่ใช้ในห้องเรียนกับชีวิตประจำวัน (Bergquist & Heikkinen, 1990; Gussasky & Gorodetsky, 1990) 4) การเรียนรู้แบบท่องจำ (Nakhleh, 1992)

จากผลงานวิจัยในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนมี ลักษณะเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นส่วนมาก จาก การศึกษาของ Pedrosa และ Dias (2000) แสดงให้ เห็นว่าภาษาที่ใช้ในหนังสือแบบเรียนเรื่องสมดุลเคมีเป็น

ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ สุภาพ (2542) รายงานว่านักเรียนระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมมูลเคมีที่ได้จากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงร้อยละ 60 เท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้ยังประสบปัญหาในการเรียนเรื่องสมมูลเคมีอยู่บ้างถึงแม้ว่าจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่องนี้ก็ตาม อาจสันนิษฐานได้ว่านักเรียนกลุ่มนี้อาจไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีระดับพื้นฐาน จึงส่งผลให้พวกเขาประสบปัญหาในการเรียนเรื่องสมมูลเคมีในระดับอุดมศึกษา ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสำรวจลักษณะของแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายภายใต้บริบททางการศึกษาของประเทศไทยเนื่องด้วยงานวิจัยที่ศึกษาลักษณะแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนล้วนเป็นงานวิจัยของต่างประเทศทั้งสิ้น ซึ่งประเทศต่าง ๆ เหล่านี้มีบริบทการเรียนการสอน วัฒนธรรมการเรียนรู้ และภาษาที่แตกต่างจากบริบทของประเทศไทยเป็นอย่างมาก อีกทั้งในประเทศไทยยังไม่มีนักวิจัยคนใดที่ศึกษาลักษณะแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาก่อน งานวิจัยนี้มุ่งสร้างองค์ความรู้ใหม่ซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับครู อาจารย์ นักพัฒนาหลักสูตรและนักวิทยาศาสตร์ศึกษาในการวางแผนออกแบบหน่วยการเรียนรู้และพัฒนาการเรียนการสอนเรื่องสมมูลเคมีเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่ถูกต้องตรงตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สำรวจแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์
2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายซึ่งประกอบด้วยแนวคิดเรื่อง การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมมูล ภาวะสมมูลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมมูล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมมูล และหลักของเลอชาเตอลิเอ และสมมูลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

2. กลุ่มที่ศึกษาได้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 125 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 3 แห่ง ในจังหวัดจันทบุรี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

นิยามศัพท์

1. แนวคิดเรื่องสมมูลเคมี หมายถึง แนวคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมมูล ภาวะสมมูลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมมูล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมมูลและหลักของเลอชาเตอลิเอ และสมมูลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

2. แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดที่ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ทั่วไป

3. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 125 คน ที่ตอบแบบสำรวจนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 3 แห่ง ในจังหวัดจันทบุรี รวม 125 คน ซึ่งแบ่งเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 35 คน จากโรงเรียนประจำอำเภอแห่งหนึ่ง และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คน จาก

โรงเรียนมัธยมศึกษาประจำจังหวัดจันทบุรี 2 แห่ง นักเรียนทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 16 - 18 ปี มีความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง และได้รับคัดเลือกโดยอาจารย์ผู้สอนเรื่องสมดุลเคมีของแต่ละโรงเรียน

นักเรียนในแต่ละระดับชั้นได้เรียนแนวคิดต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานของแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีไม่แตกต่างกัน หากแต่แตกต่างกันในด้านของการลำดับแนวคิด นั่นคือ นักเรียนที่เรียนเรื่องสมดุลเคมีในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จะเรียนแนวคิดเรื่องสารประกอบของคาร์บอน ปีโตรเคมี และพอลิเมอร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ขณะที่นักเรียนที่เรียนเรื่องสมดุลเคมีในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นนักเรียนที่เรียนแนวคิดเรื่องสารประกอบของคาร์บอน ปีโตรเคมีและพอลิเมอร์มาแล้ว อย่างไรก็ตาม แนวคิดเรื่องสารประกอบของคาร์บอน ปีโตรเคมี และพอลิเมอร์ ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดพื้นฐานของแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี

2. รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ โดยผู้วิจัยสำรวจแนวคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์และได้เรียนแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีมาแล้ว จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 3 แห่ง ในจังหวัดจันทบุรี ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้คือแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี (Chemical Equilibrium Concept Survey) ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบปรนัยและอัตนัยประกอบกัน โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถามแบบเลือกตอบ และเขียนอธิบายเหตุผลประกอบด้วย ส่วนตอนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิด รวมทั้งสิ้น 10 ข้อ

การพัฒนาแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเรื่อง

สมดุลเคมีจากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การพัฒนาข้อคำถามที่ใช้ในแบบสำรวจนี้ คำถามโดยส่วนมากเป็นคำถามที่ผู้วิจัยพัฒนามาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบสำรวจที่สร้างขึ้นนี้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยนักวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ได้แก่อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และอาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และครูผู้สอนเคมี 1 ท่าน จากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมีสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมถึงความถูกต้อง เหมาะสมของภาษา การสื่อความหมายของคำและภาพประกอบที่ใช้ในแบบสำรวจนี้ ก่อนที่จะนำแบบสำรวจนี้ไปใช้เก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในด้านการใช้ภาษาและการสื่อความหมายของข้อคำถามแต่ละข้อและศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำแบบสำรวจนี้ นั่นคือ 1 ชั่วโมง 30 นาที

4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลงานวิจัยนี้ดำเนินการในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีนักเรียนจากโรงเรียนทั้ง 3 แห่ง เรียนเรื่องสมดุลเคมีจบแล้ว ผู้วิจัยทำความเข้าใจกับอาจารย์ผู้สอนประจำวิชาเคมีของแต่ละโรงเรียนแล้วแจ้งให้นักเรียน

ทราบล่วงหน้าก่อน 2 สัปดาห์ เพื่อเตรียมตัวก่อนการดำเนินการ เก็บข้อมูล นักเรียนแต่ละคนมีเวลาในการทำแบบสำรวจ 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยมีอาจารย์ผู้สอนของแต่ละโรงเรียน เป็นผู้ดูแลการตอบคำถามแบบสำรวจแนวคิด

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลที่ได้จากการตอบแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์เป็นรายชื่อโดยอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียด แล้วตีความและจัดประเภทแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนออกเป็น 5 ประเภท ตามแนวคิดของ Haidar (1997) ดังต่อไปนี้

5.1 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding) หรือ SU คือ คำตอบของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

5.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding) หรือ PU คือ คำตอบของนักเรียนที่แสดงว่ามีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

5.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific misconception) หรือ PU & MU คือ คำตอบของนักเรียนที่แสดงว่ามีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

5.4 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception) หรือ MU คือ คำตอบของนักเรียนที่

แสดงแนวคิดที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับ และสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

5.5 ไม่เข้าใจแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (No Understanding) หรือ NU คือ การที่นักเรียนไม่ตอบคำถาม ตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณนั้นผู้วิจัยหาความถี่และรายงานโดยใช้คำร้อยละเพื่อแสดงแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนที่จำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอร์ โดยสังเกตได้จากลักษณะแนวคิดของนักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในลักษณะแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ส่วนแนวคิดเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีเป็นแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผลที่ได้จากการสำรวจยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจแนวคิดย่อยของสมดุลเคมี 2 แนวคิด คือ ค่าคงที่สมดุล และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งสังเกตได้จากแนวคิดของนักเรียนทั้งสองแนวคิดนี้ ส่วนมากจัดอยู่ในประเภทที่ไม่เข้าใจแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 1

ทั้งนี้ ผู้วิจัยรายงานรายละเอียดของลักษณะแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งเป็นแนวคิดย่อยต่าง ๆ ตามลำดับ ดังนี้ แนวคิดเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอร์ และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 1 ลักษณะแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เรื่อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)				
	SU*	PU*	PU & MU*	MU*	NU*
การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล	19 (15.20)	19 (15.20)	51 (40.80)	36 (28.80)	0 (0)
ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี	1 (0.80)	12 (9.60)	86 (68.80)	26 (20.80)	0 (0)
ค่าคงที่สมดุล	13 (10.40)	30 (24.00)	16 (12.80)	12 (9.60)	54 (43.20)
ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตลิเอ					
- การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น	0 (0)	96 (76.80)	2 (1.60)	27 (21.60)	0 (0)
- การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความดัน	46 (36.80)	53 (42.40)	3 (2.40)	4 (3.20)	19 (15.20)
- การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	0 (0)	96 (76.80)	0 (0)	29 (23.20)	0 (0)
สมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม	13 (10.40)	22 (17.60)	0 (0)	3 (2.40)	87 (69.60)

*หมายเหตุ : SU หมายถึง แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์, PU หมายถึง แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์, PU & MU หมายถึง แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน, MU หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน และ NU หมายถึง ไม่เข้าใจแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลควรมีลักษณะต่อไปนี้กล่าวคือ ปฏิกิริยาที่ดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลควรมีความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในระบบคงที่ เมื่อสังเกตจากกราฟที่ติดตามความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาจะพบว่า การเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟคงที่คือภาวะที่ปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุล ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากร้อยละ 40.80 มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่าการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟของความเข้มข้น

ของสารต่าง ๆ จะคงที่และเป็นเส้นตรงแสดงว่า ภาวะสมดุลไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น ขณะที่นักเรียนร้อยละ 28.80 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยเข้าใจว่าปฏิกิริยาจะดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลเมื่อเส้นกราฟแสดงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาขนานกัน และเส้นกราฟจะอยู่ห่างเท่ากันเพราะสารทั้งสองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีซึ่งมีลักษณะเป็นสมดุลไดนามิกซึ่งอธิบายว่า ภาวะสมดุลยังคงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม ส่งผลให้คุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบคงที่

ลักษณะแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bergquist & Heikkinen (1990) ที่รายงานว่านักเรียนส่วนมากไม่ค่อยเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภาวะสมดุลและสมดุลไดนามิก นอกจากนี้ผลที่ได้จากแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลมีเพียงร้อยละ 15.20 ของนักเรียนทั้งหมด และนักเรียนจำนวนเท่ากันนี้ (ร้อยละ 15.20) เป็นนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่าการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟซึ่งจะคงที่

ภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี

ลักษณะคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีควรมีลักษณะกล่าวคือ ในระบบที่เข้าสู่ภาวะสมดุลควรพบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกตัวโดยที่ปริมาณของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่พบนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าคงที่สมดุล เมื่อสมมติสถานการณ์การผลิตแอมโมเนียโดยกระบวนการฮาเบอร์ที่มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 1 แล้วให้นักเรียนเลือกตัวแทนของภาพที่แสดงปริมาณสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุลของกระบวนการผลิตแอมโมเนียนี้

จากตาราง 1 พบว่านักเรียนส่วนมากร้อยละ 68.80 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อน บางส่วนซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ นักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่า ณ ภาวะสมดุลจะต้องพบสารทุกชนิดในระบบและสารต่าง ๆ จะมีปริมาณเท่ากัน อีกส่วนหนึ่ง เข้าใจว่า ณ ภาวะสมดุลจะพบทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบและปริมาณสารที่พบจะเท่ากับเลขสัมประสิทธิ์ แสดงจำนวนโมลของสารแต่ละชนิดในสมการเคมี ขณะที่นักเรียนร้อยละ 20.80 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ คือ ณ ภาวะสมดุลจะ

พบปริมาณสารตั้งต้นเท่ากับผลิตภัณฑ์ หรือ ณ ภาวะสมดุลจะพบเพียงผลิตภัณฑ์เท่านั้น เนื่องจาก เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้ว สารตั้งต้นจะทำปฏิกิริยากันจนหมดแล้วกลายเป็นผลิตภัณฑ์ หรือ ณ ภาวะสมดุลจะพบเพียงผลิตภัณฑ์และสารตั้งต้นที่เหลือบางส่วนเท่านั้นจะมีสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งถูกใช้หมดไปโดยสังเกตได้จากสมการเคมี ลักษณะแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนอาจเกิดความสับสนเรื่องภาวะสมดุล นักเรียนพยายามใช้คำว่า “เท่ากัน” ในการอธิบายภาวะสมดุล แต่นักเรียนเหล่านั้นไม่มีความเข้าใจอย่างแท้จริงว่าสิ่งใดเท่ากัน อาจกล่าวได้ว่า นักเรียนเหล่านี้อาจเรียนรู้โดยใช้การท่องจำความหมายของคำว่า “ภาวะสมดุล” ขณะที่นักเรียนบางส่วนที่เข้าใจว่า ณ ภาวะสมดุลจะพบเพียงผลิตภัณฑ์เท่านั้น อาจเป็นเพราะนักเรียนที่คิดว่าปฏิกิริยาเคมีเป็นปฏิกิริยาที่ดำเนินไปในทิศทางเดียวนั้นคือจากสารตั้งต้นกลายเป็นผลิตภัณฑ์ ลักษณะแนวคิดคลาดเคลื่อนนี้สอดคล้องกับการค้นพบของ Garnett et al. (1995) และงานวิจัยของ Van Driel และคณะ (1998) ที่พบว่านักเรียนส่วนมากเชื่อว่าเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี สารที่ถูกใส่ในตอนเริ่มปฏิกิริยาจะหายไปและกลายเป็นสารใหม่หมด นอกจากนี้ ผู้วิจัยสันนิษฐานว่านักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมีอาจส่งผลให้นักเรียนเหล่านี้ไม่เข้าใจเรื่องสมดุลเคมีด้วย ดังจะเห็นได้จากนักเรียนที่เชื่อว่าเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีต้องมีสารตั้งต้นตัวหนึ่งหมดไปทำให้ไม่พบสารตัวนั้น ณ ภาวะสมดุล แนวคิดคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องสารกำหนดการเกิดปฏิกิริยา (Limiting agent) ซึ่งเป็นแนวคิดหนึ่งในเรื่องปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนร้อยละ 10.40 เป็นนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนร้อยละ 9.60 เป็นนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ซึ่งนักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่า ณ ภาวะสมดุลจะพบสารทุกชนิดในระบบ และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 0.80 เท่านั้น

ที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องภาวะสมดุล ในปฏิกิริยาเคมี

ค่าคงที่สมดุล

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องค่าคงที่สมดุลที่คาดหวัง สำหรับงานวิจัยนี้ควรมีลักษณะกล่าวคือ ปฏิกิริยาใดที่มีค่าคงที่สมดุลมากกว่า 1 แสดงว่ามีผลิตภัณฑ์มากกว่าสารตั้งต้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ดี ขณะที่ปฏิกิริยาใดที่มีค่าคงที่สมดุลน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีผลิตภัณฑ์น้อยกว่าสารตั้งต้น

เป็นที่น่าสังเกตว่านักเรียนร้อยละ 43.20 ไม่เข้าใจแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องค่าคงที่สมดุล นักเรียนเหล่านี้ ตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็นเป็นส่วนมาก และมีบางส่วนที่ไม่ตอบคำถาม พบนักเรียนเพียงประมาณร้อยละ 10.40 ที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และร้อยละ 24 เป็นนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ซึ่งเข้าใจว่าถ้าค่าคงที่สมดุลมีค่ามากแสดงว่าจะพบผลิตภัณฑ์มากกว่าสารตั้งต้น ในทางกลับกันถ้าค่าคงที่สมดุลมีค่าน้อยจะพบสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้พบนักเรียนร้อยละ 9.60 ที่เข้าใจว่าปฏิกิริยาที่มีค่าคงที่สมดุลมากจะพบผลิตภัณฑ์เป็นส่วนมาก ขณะที่ปฏิกิริยาที่มีค่าคงที่สมดุลน้อยซึ่งเป็นจำนวนลบจะพบสารตั้งต้นเป็นส่วนมาก ผู้วิจัยคิดว่านักเรียนเหล่านี้ อาจเรียนรู้โดยการจดจำความหมายของค่าคงที่สมดุล แทนการทำความเข้าใจว่าค่าคงที่สมดุลคืออัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นซึ่งทำให้ค่าคงที่สมดุลเป็นจำนวนบวกเท่านั้น แนวคิดของนักเรียนเหล่านี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nakhleh (1992) ที่รายงานว่านักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องค่าคงที่สมดุล หากแต่ใช้วิธีการท่องจำเพื่อจดจำสัญลักษณ์ทางพีชคณิตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องค่าคงที่สมดุล เพื่ออธิบายความหมายที่แท้จริงของสัญลักษณ์นั้น ๆ ลักษณะแนวคิดของนักเรียนเหล่านี้จัดอยู่ในประเภทแนวคิด

เชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ประเด็นที่น่าสนใจคือพบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนร้อยละ 9.60 ซึ่งลักษณะแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องค่าคงที่สมดุลของนักเรียนกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะที่สำคัญ กล่าวคือ นักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่าจะพบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากปฏิกิริยานั้นอยู่ในภาวะสมดุล และอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าไม่สามารถระบุได้ว่า จะพบสารใดมาก ณ ภาวะสมดุล เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ จากข้อมูลแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนเหล่านั้น มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องค่าคงที่สมดุล

ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอ

ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอเป็นแนวคิดที่สำคัญของแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี เนื่องจาก แนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอประกอบด้วยแนวคิดย่อย 3 แนวคิดที่สำคัญได้แก่ การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร การรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความดัน และการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ผู้วิจัยพบว่าในส่วนของแนวคิดเรื่องการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารนั้น ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ แต่พบว่านักเรียนส่วนมากร้อยละ 76.80 มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่าในกระบวนการผลิตแอมโมเนียโดยกระบวนการฮาเบอร์ เมื่อเพิ่มปริมาณแก๊สไนโตรเจนลงในกระบวนการผลิต จะส่งผลให้ปฏิกิริยาปรับตัวเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ โดยที่สมดุลใหม่นั้นความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น ขณะที่พบนักเรียนร้อยละ 21.60 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนลักษณะแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

ที่สำคัญกล่าวคือ กลุ่มแรก นักเรียนเข้าใจว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนให้กับกระบวนการผลิตแอมโมเนียจะส่งผลให้ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียลดลงเพื่อให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล การที่นักเรียนเหล่านี้อาจยังไม่เข้าใจหลักของเลอชาเตอลิเอร์ จึงไม่สามารถนำหลักของเลอชาเตอลิเอร์มาใช้ในการทำนายทิศทางการปรับตัวของปฏิกิริยาเคมีที่อยู่ในภาวะสมดุลเมื่อถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Furio et al. (2000) ที่ค้นพบว่านักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจหลักของเลอชาเตอลิเอร์ ทำให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและทิศทางการปรับตัวของระบบที่ถูกรบกวนภาวะสมดุลได้ไม่ถูกต้อง

แนวคิดคลาดเคลื่อนกลุ่มที่ 2 เป็นลักษณะที่นักเรียน เข้าใจว่าความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจะลดลงเนื่องจากการเติมแก๊สไนโตรเจนลงในกระบวนการผลิตแอมโมเนียเป็นการเจือจางความเข้มข้นของสารในระบบ การที่นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องการปรับตัวของระบบเมื่อรบกวนความเข้มข้นของสารต่าง ๆ นักเรียนอาจคิดว่าการเติมสารใด ๆ ลงในระบบไม่ส่งผลต่อภาวะสมดุลของระบบ หากแต่เป็นการเจือจางสารให้มีความเข้มข้นน้อยลง การที่นักเรียนแสดงเหตุผลในลักษณะเช่นนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนใช้แนวคิดเรื่องสารละลาย มาอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนเหล่านี้ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องสารละลายอีกด้วย

ส่วนแนวคิดคลาดเคลื่อนกลุ่มสุดท้ายเป็นลักษณะที่นักเรียนเข้าใจว่าความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจะยังคงที่แม้ว่าจะมีการเพิ่มแก๊สไนโตรเจนลงในกระบวนการผลิตแอมโมเนียเนื่องจากปฏิกิริยาของกระบวนการผลิตอยู่ในภาวะสมดุลแล้วจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น นักเรียนที่มีแนวคิดเช่นนี้อาจไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีที่มีลักษณะเป็นสมดุลไดนามิก นักเรียนอาจเข้าใจว่าเมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่ภาวะสมดุลแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น และการรบกวนความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในระบบที่เข้า

สู่ภาวะสมดุลแล้วจะไม่มีผลต่อภาวะสมดุล นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนคนหนึ่งเข้าใจว่าการเพิ่มปริมาณแก๊สไนโตรเจนลงในกระบวนการผลิตแอมโมเนียจะส่งผลให้ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากผลของการเพิ่มปริมาณแก๊สไนโตรเจนและนักเรียนอีกคนหนึ่งเข้าใจว่าความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นถ้าเพิ่มปริมาณแก๊สไนโตรเจนเนื่องจากระบบจะมีการปรับสมดุลเพื่อเลื่อนให้สารทั้งสองชนิดมีความเข้มข้นเท่ากัน ลักษณะแนวคิดของนักเรียนทั้งสองคนนี้จัดอยู่ในประเภทแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนซึ่งคิดเป็นร้อยละ 2 ของนักเรียนทั้งหมด

ในส่วนของแนวคิดเรื่องการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความดันนั้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนมากร้อยละ 42.40 มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่าการเพิ่มความดันให้กับกระบวนการผลิตแก๊สแอมโมเนียจะทำให้ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น ส่วนนักเรียนร้อยละ 15.20 ไม่ตอบคำถาม ขณะที่นักเรียนร้อยละ 2.40 เข้าใจว่าการเพิ่มความดันให้กับกระบวนการผลิตแอมโมเนียจะทำให้ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเนื่องจากจากระบบปรับตัวไปทางสารที่มีจำนวนโมลน้อยกว่า ทำให้ความเข้มข้นของสารที่มีโมลมากลดลง ลักษณะแนวคิดเช่นนี้จัดอยู่ในประเภทแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วน และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนร้อยละ 3.20 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยเชื่อว่า การเพิ่มความดันให้กับกระบวนการผลิตแอมโมเนียจะส่งผลให้ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียลดลง เพราะสมดุลจะผันกลับ หรือเชื่อว่าจะไม่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแก๊สแอมโมเนียได้เมื่อเพิ่มความดันให้กับกระบวนการผลิตแก๊สแอมโมเนีย เพราะปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีแสดงให้เห็นว่านักเรียนร้อยละ 36.80 มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

กล่าวคือ นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่าเมื่อเพิ่มความดันให้กับกระบวนการผลิตแก๊สแอมโมเนีย ระบบจะปรับสมดุลโดยเลื่อนไปทางที่มีโมลน้อยโดยการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้นเพื่อลดความดันของระบบ ทำให้ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียเพิ่มขึ้น

สำหรับแนวคิดเรื่องการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินั้น ผู้วิจัยไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ หากแต่พบว่านักเรียนร้อยละ 76.80 มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยที่นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่าการเพิ่มอุณหภูมิให้กับกระบวนการผลิตแอมโมเนียจะทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ แต่ไม่อธิบายเหตุผลว่าทำไมจึงเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ขณะที่นักเรียนร้อยละ 23.20 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ลักษณะแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบจำแนกได้ดังนี้ นักเรียนกลุ่มหนึ่งเชื่อว่าการเพิ่มอุณหภูมิให้กับกระบวนการผลิตแอมโมเนียจะทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเพราะจะเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้นและทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น ผู้วิจัยคิดว่าสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีลักษณะแนวคิดเช่นนี้เนื่องจากพวกเขา นำแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาใช้ในการอธิบายทิศทางการปรับตัวของภาวะสมดุล โดยที่นักเรียนเหล่านี้เชื่อว่าการเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดี

จะเห็นได้ว่าลักษณะแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอเกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ นักเรียนไม่เข้าใจหลักของเลอชาเตอลิเอทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของภาวะสมดุลได้ และนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐาน เช่น แนวคิดเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย แนวคิดเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี หรือแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น ทำให้นักเรียนเหล่านี้มีปัญหาในการเรียนรู้แนวคิดเรื่องการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น การรบกวนภาวะ

สมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความดันและการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบ

สมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยวัดแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมโดยสมมติสถานการณ์การช่วยเหลือผู้ป่วยที่ได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณมากเกินไป ทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้ป่วย เป็นที่น่าสนใจว่านักเรียนร้อยละ 69.60 ไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องนี้ กล่าวคือ นักเรียนส่วนหนึ่งไม่ตอบคำถามและอีกส่วนหนึ่งตอบคำถามไม่ตรงประเด็นหรือไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่สำรวจ ตัวอย่างเช่น ควรช่วยเหลือผู้ป่วยโดยการพยายามทำให้ผู้ป่วยมีสติตลอดเวลา หรือควรรับนำผู้ป่วยส่งโรงพยาบาลโดยเร็วที่สุด ผลที่ได้จากแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีแสดงให้เห็นว่านักเรียนร้อยละ 17.60 เป็นนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนเหล่านี้ อธิบายว่าการช่วยเหลือผู้ป่วยที่ได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณมากเกินไปควรช่วยเหลือผู้ป่วย โดยการให้ผู้ป่วยสูดดมอากาศที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูง และนักเรียนร้อยละ 2.40 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิต โดยนักเรียนเหล่านี้เชื่อว่าการช่วยเหลือผู้ป่วยโดยการทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนในเส้นเลือดเท่ากับปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เพื่อรักษาสมดุลของร่างกาย นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพียงร้อยละ 10 ของนักเรียนทั้งหมด ผู้วิจัยมีความเห็นว่่านักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมนั้น อาจเกิดจากการที่นักเรียน ไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอ เนื่องจากกลุ่มนักเรียนที่ไม่มีแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมนั้น ส่วนหนึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่เข้าใจเกี่ยวกับหลักของเลอชาเตอลิเอ กล่าวคือ นักเรียนเหล่านั้นไม่สามารถ

ใช้หลักของเลอชาเตอลิเอในการทำนายทิศทางการปรับตัวของระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลอาจส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมด้วย

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีที่หลากหลายและพบแนวคิดคลาดเคลื่อนในทุกแนวคิดย่อย ได้แก่ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและหลักของเลอชาเตอลิเอ และสมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนของแต่ละเรื่องแตกต่างกันไปตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ผลการวิจัยบ่งชี้ว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายยังประสบปัญหาในการเรียนเรื่องสมดุลเคมีอยู่มาก โดยเฉพาะในเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ผู้วิจัยมีความเห็นว่าสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่นักเรียนประสบปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิดทั้งสองนี้ เนื่องจาก เป็นแนวคิดที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม การที่จะทำความเข้าใจแนวคิดเหล่านี้ นักเรียนจำเป็นต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทำให้นักเรียนส่วนหนึ่งเลือกที่จะเรียนรู้โดยการท่องจำแทนการทำความเข้าใจ ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นด้วยว่าสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีคือ นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานบางแนวคิด เช่น แนวคิดเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย แนวคิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้นักเรียน เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องสมดุลเคมีอีกด้วย

ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นความบกพร่องของการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยขอเสนอแนะให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีตระหนักถึงความสำคัญของแนวคิด

พื้นฐานของเรื่องสมดุลเคมี และลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ เช่น ควรใช้กิจกรรมการทดลอง หรือใช้แบบจำลองในการเรียนรู้เรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2001). *คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 5 ว034*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2003). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของคุรุสภา.
- สุภาพ รมณีย์พิกุล. (2542). รายงานการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องสมดุลเคมี. พิษณุโลก: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Science Literacy: Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Benejee, A.C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13(4), 487 - 494.
- Bergquist, W. and Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67, 1000 - 1003.
- Camacho, M. and Good, R. (1989). Problem solving and chemical equilibrium: successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251 - 272.

- Cardellini, L. (2000). Ionic equilibrium calculations: A problem solving approach. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, 1(1), 151 – 160.
- Chui, M.H., Chou, C.C. and Liu, C.J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching**, 39(8), 688 – 712.
- Furio, C., Calatayud, M.L., Brcenas, S.L. and Padilla, O.M. (2000). Functional fixedness and function reduction as common sense reasonings in chemical equilibrium and geometry and polarity of molecules. **Science Education**, 84, 545 – 565.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J. and Hackling, M.W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. **Studies in Science Education**, 25, 69 – 95.
- Hackling, M.W. and Garnett, P.J. (1985). Misconceptions of Chemical Equilibrium. **European Journal of Science Education**, 7, 205 – 214.
- Haidar, A.H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. **Journal of Research in Science Teaching**, 34(2), 181 – 197.
- Huddle, P.A. and Pillay, A.E. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University. **Journal of Research in Science Teaching**, 33(1), 65 – 77.
- Kousathana, M. and Tsaparlis, G. (2002). Students' error in solving numerical chemical-equilibrium problems. **Chemical Education: Research and Practice in Europe**, 3(1), 5 – 7.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why some students don't learn chemistry. **Journal of Chemical Education**, 69, 191 – 196.
- Pedrosa, M.A. and Dias, M.H. (2000). Chemistry textbook approaches to teach chemical equilibrium and student alternative conceptions. **Chemical Education: Research and Practice in Europe**, 1(2), 227 – 236.
- Qulez-Pardo, J. and Solar-Portols, J.J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chaterlier's principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching**, 32(9), 939 – 957.
- Van Driel, J.H. (2002). Students' corpuscular conceptions in the context off chemical equilibrium and chemical kinetics. **Chemical Education: Research and Practice in Europe**, 3(2), 201 – 213.
- Van Driel, J. H., De Vos, W., Verloop, N. and Dekkers, H. (1998). Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: The introduction of chemical equilibrium. **International Journal of Science Education**, 20(4), 379 – 392.

