

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริม การเปลี่ยนแปลงมโนคติ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Study of Learning Outcome Using Analogy to Promote Conceptual Change in Chemical Equilibrium for Grade 11 Students

วิทยา ภาชื่น (Wittaya Pachuen)*

ไพศาล สุวรรณน้อย (Paisan Suwannoi, Ph.D.)**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนคติเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนโดยใช้วิธีสอนที่ใช้การเปรียบเทียบ กลุ่มเป้าหมายของการศึกษาค้างนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 11 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนจำนวนมากยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนดังเช่นก่อนเรียน โดยพบว่า นักเรียนมีปัญหาในการเรียนรู้โดยวิธีการเปรียบเทียบ ในหลายประการ ได้แก่ นักเรียนไม่เข้าใจมโนคติพื้นฐานบางมโนคติ นักเรียนขาดความชัดเจนหรือไม่คุ้นเคยกับมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ที่ครูนำเสนอ และนักเรียนมีทักษะการเขียนและการพูดอธิบายในระดับต่ำ นอกจากนั้น ผลจากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมและการสังเกตชั้นเรียน ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดความตระหนักในการเปรียบเทียบ ความเหมือนและความแตกต่างระหว่าง มโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบและมโนคติทางวิทยาศาสตร์

Abstract

The purpose of this study was to develop student conceptions about chemical equilibrium using analogy teaching strategy. Moreover, this research was emphasized on finding out the suitable analogs for learning chemical equilibrium. The participants were eleven 11th grade students

The results showed that most students' alternative conceptions did not develop into more scientific conceptions. Most students had many difficulties in learning using analogy namely, lacking of basic knowledge; unclear or unfamiliar with analog; and having low competent in writing and speaking. Also, data from students' interviews and classroom observations showed that the students did not aware of similarities and differences (like and unlike) between analog and scientific concept.

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงมโนคติ การเปรียบเทียบ สมดุลเคมี

Keyword: Conceptual Change, Analogy, Chemical Equilibrium

* นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมดุลงเคมีเป็นมโนทัศน์หนึ่งที่มีความสำคัญในการเรียนการสอนเคมี เป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่สำคัญในการศึกษามโนทัศน์อื่นๆ ในวิชาเคมี เช่น มโนทัศน์เรื่องกรดเบสในชีวิตประจำวัน ปฏิริยาไฟฟ้าเคมีและอุตสาหกรรม โดยจากงานวิจัยของ เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550) ที่ได้สำรวจมโนทัศน์เรื่องสมดุลงเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องสมดุลงเคมีที่หลากหลายและพบมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในทุกมโนทัศน์ย่อย ได้แก่ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลงภาวะสมดุลงในปฏิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุลง ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลงและหลักการของเลอชาเตอลิเอ และสมดุลงเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม โดยการที่นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องสมดุลงเคมีคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากการใช้สามัญสำนึก (Common Sense) ในการทำความเข้าใจธรรมชาติและสังคม โดยอาศัยพื้นฐานจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของพวกเขาในการทำ ความเข้าใจสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว บ่อยครั้งมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นก็ไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Schnotz, Vosniadou & Carretero, 1999) นอกจากนี้อาจมีสาเหตุมาจากมโนทัศน์ในวิชาเคมีส่วนมากเป็นนามธรรม นักเรียนจึงไม่สามารถมองเห็นปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มิมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน การทับซ้อนกันของมโนทัศน์ เช่น สมดุลงทางกายภาพในวิชาฟิสิกส์ นักเรียนจึงคิดว่าสมดุลงเคมีเป็นสมดุลงที่หยุดนิ่งและสองข้างของสมดุลงมีสมบัติเหมือนกันทุกประการ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) อีกประเด็นหนึ่งอาจเนื่องจากวิชาเคมีเหมือนภาษาอีกภาษาหนึ่งที่นักเรียนต้องเรียนรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน มีคำศัพท์มากมายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้แต่นักเรียนไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; ปฐมภรณ์ พิมพ์ทอง, 2551) การปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ครูจึงควรส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม (เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น การใช้รูปภาพ หรือ แบบจำลอง (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550)

และควรให้ความสำคัญกับความแตกต่างระหว่างภาษาวิทยาศาสตร์กับภาษาที่นักเรียนใช้ในชีวิตประจำวันด้วย (ปฐมภรณ์ พิมพ์ทอง, 2551)

วิธีการเปรียบเทียบเป็นกระบวนการพิจารณาความคล้ายคลึงกันระหว่างมโนทัศน์สองมโนทัศน์ที่คล้ายคลึงกัน มโนทัศน์แรกเป็นมโนทัศน์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เรียกว่า Analog ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่คุ้นเคย เข้าใจดีอยู่แล้ว มโนทัศน์ที่สองเป็นมโนทัศน์เป้าหมาย เรียกว่า Target (Glynn, 1994; Treagust et al., 1998) ซึ่งเป็นมโนทัศน์ใหม่ที่ไม่คุ้นเคย การเชื่อมโยง (Mapping) มโนทัศน์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบไปสู่มโนทัศน์เป้าหมาย เป็นการวิเคราะห์หาคุณลักษณะ (Attribute) ที่คล้ายคลึงกันระหว่างมโนทัศน์ทั้งสอง เพื่อทำความเข้าใจ มโนทัศน์ใหม่โดยใช้ความรู้พื้นฐานจากมโนทัศน์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และวิเคราะห์หาคุณลักษณะที่มโนทัศน์ทั้งสองแตกต่างกัน (Treagust et al., 1998)

การเปรียบเทียบช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่ซับซ้อน หรือเป็นนามธรรม เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้เดิม บทบาทสำคัญของการเปรียบเทียบ คือ การสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ โดยช่วยให้นักเรียนทราบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Venville & Treagust, 1996) และปฏิเสธมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและยอมรับมโนทัศน์ใหม่ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบเปรียบเสมือนดาบสองคม (Glynn, 1991; Harrison & Treagust, 2006) ถ้าใช้อย่างไม่ระมัดระวังอาจจะทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ เช่น เมื่อนักเรียนตีความมโนทัศน์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบด้วยตัวของนักเรียนเองหรือไม่มีครูคอยให้คำแนะนำอาจจะทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ง่าย เพราะมโนทัศน์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบจะไม่คล้ายกับมโนทัศน์เป้าหมายได้ทั้งหมด (Harrison & Treagust, 2006)

นักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอแนวทางในการนำการเปรียบเทียบไปใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น Treagust et al. (1998) ได้เสนอวิธีการ Focus Action Reflection Guide (FAR Guide) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบโดยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของ Focus Action Reflection Guide (FAR Guide)

Focus	ขั้นเตรียมตัวก่อนสอน ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้	
	Concepts	เป็นการวิเคราะห์และคัดเลือกเนื้อหา ลักษณะของเนื้อหาควรเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยาก ไม่นคุ้นเคย และเป็นนามธรรม
	Students	เป็นการวิเคราะห์นักเรียนว่ารู้อะไรเกี่ยวกับเนื้อหานี้มาก่อนแล้วบ้าง
	Analog	เป็นการวิเคราะห์สิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยและประสบการณ์ของนักเรียนเพื่อเลือก analog ซึ่งควรเป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยและรู้จักเป็นอย่างดีหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน
Action	ขั้นสอน ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้	
	Likes	ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อหาส่วนที่คล้ายคลึงระหว่าง analog กับ target และอธิบายได้ว่าคล้ายคลึงกันอย่างไร
	Unlikes	ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อหาส่วนที่แตกต่างกันระหว่าง analog กับ target และอธิบายได้ว่าแตกต่างกันอย่างไร
Reflection	ขั้นหลังสอน ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้	
	Conclusion	เป็นการสะท้อนผลที่เกิดจากการใช้ analog ทำให้นักเรียนเข้าใจชัดเจนหรือไม่ มีประโยชน์อย่างไรหรือทำให้เกิดความสับสนอย่างไร
	Improvement	เป็นการวิเคราะห์ว่ามีอะไรบ้างที่ต้องปรับปรุง และปรับปรุงอย่างไร เพื่อให้ได้ analog ที่เหมาะสมในการสอนครั้งต่อไป

ที่มา : Harrison (2008)

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการเปรียบเทียบตามแนวทาง Focus Action Reflection Guide เนื่องจากมโนคติเรื่องสมดุลเคมีเป็นมโนคติที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม (Johnstone et al., 1977 อ้างถึงใน Raviolo & Garritz, 2008) การที่จะทำความเข้าใจมโนคติเหล่านี้ นักเรียนจำเป็นต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทำให้นักเรียนส่วนหนึ่งเลือกที่จะเรียน โดยการท่องจำแทนการทำความเข้าใจ (เขาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) การวิจัยนี้เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้มโนคติเรื่อง สมดุลเคมี

ปัญหาการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีมโนคติเรื่องสมดุลเคมี ก่อน ระหว่าง และหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเป็นอย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบช่วยส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนคติเรื่องสมดุลเคมีได้หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาโมโนคติเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อน ระหว่าง และหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ
2. ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงมโนคติเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนคติ (concept) หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวของบุคคลที่จะตีความ และสรุป

ความเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาศัยประสบการณ์และคุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปของสิ่งนั้น

2. มโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปสิ่งใดสิ่งหนึ่งและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

3. มโนคติคลาดเคลื่อน (Alternative Concept) หมายถึง ความคิด ความรู้ความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

4. การเปรียบเทียบ (Analogy) หมายถึง กระบวนการพิจารณาเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่างมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Analog) กับมโนติเป้าหมาย (Target)

5. มโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Analog) หมายถึง มโนคติที่นักเรียนรู้จัก และคุ้นเคย

6. มโนติเป้าหมาย (Target) หมายถึง มโนคติที่ต้องการศึกษา

7. การเปลี่ยนแปลงมโนคติ (Conceptual Change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงข้อสรุปของความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวของบุคคลที่มีต่อมโนคติหนึ่ง ๆ และรวมถึงการเลือกใช้มโนคติให้เหมาะสมกับบริบท

8. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนชุมแพพพิทาคม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่ง ในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 11 คน จากการสอบถามข้อมูลจากครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และข้อมูลผลการเรียนพบว่านักเรียนกลุ่มนี้ส่วนมากมีผลการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ และมีเจตคติในทางลบในการเรียนวิทยาศาสตร์

2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงเชิงตีความ (Interpretive Research) โดยมุ่งทำความเข้าใจ

ปรากฏการณ์จากมุมมองของผู้ที่มีส่วนร่วมในปรากฏการณ์ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาได้ถูกนำมาวิเคราะห์และตีความเพื่ออธิบายลักษณะมโนคติและลักษณะการเปลี่ยนแปลงมโนคติของนักเรียน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบสำรวจมโนคติเรื่องสมดุลเคมีเป็นแบบสำรวจแบบปรนัยประกอบการอธิบายเพิ่มเติม จำนวน 11 ข้อ ใช้เวลาในการตอบแบบสำรวจ 1 ชั่วโมง 30 นาที การสำรวจมโนติก่อนเรียนและหลังเรียนใช้แบบสำรวจมโนติดั้งเดิมด้วยกัน โดยแบบสำรวจมโนตินี้ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของคำถามจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเคมี และมีประสบการณ์ในการทำงานวิจัยด้านการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาวิชาเคมี

2) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ จำนวน 10 แผน รวม 16 ชั่วโมง ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบจะดำเนินการตามคำแนะนำของ Focus Action Reflection Guide (FAR Guide) ที่พัฒนาขึ้นโดย Treagust et al. (1998) โดยแผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

3) แบบบันทึกการสังเกตชั้นเรียน มีหัวข้อในการสังเกตดังนี้ สังเกตบรรยากาศในห้องเรียน พฤติกรรมของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน นักเรียนกับครู และจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมในส่วนที่ผู้วิจัยเกิดข้อสงสัย

4) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) มีคำถามหลักและมีคำถามสำรองเพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนด้วยตัวเองหลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยสามารถถามคำถามเพื่อซักไซ้ไล่เลียงได้

5) แบบประเมิน ชิ้นงาน ผลงานนักเรียน เป็นแบบบันทึกผลงาน และชิ้นงานของนักเรียน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมในส่วนที่ผู้วิจัยเกิดข้อสงสัย

4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลโมเดลเรื่องสมดุลเคมีก่อนจัดการเรียนรู้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนจัดการเรียนรู้ประมาณ 1 - 2 เดือน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจมาวางแผนการจัดการเรียนรู้

2) การเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยบันทึกวิดีโอเทปการจัดการเรียนรู้ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำมาถอดวิดีโอเทป และบันทึกลงในแบบสังเกต และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากนักเรียนในส่วนที่ผู้วิจัยสงสัย

3) การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนด้วยตัวเองและบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ทุกครั้ง

4) การเก็บรวบรวมผลงาน ชิ้นงานนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้เสร็จในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะถ่ายสำเนาผลงาน ชิ้นงานนักเรียนเก็บไว้ทุกครั้ง

5) การเก็บรวบรวมข้อมูลโมเดลเรื่องสมดุลเคมีหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจโดยใช้ข้อสอบชุดเดิมหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจโมเดลเรื่องสมดุลเคมีก่อนจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ ผู้วิจัยอ่านคำตอบของนักเรียนทุกคนอย่างละเอียด จัดกลุ่มโมเดลของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ความสอดคล้องกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ โดยเกณฑ์ความสอดคล้องกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ตามแนวคิดของ Haidar (1997 อ้างถึงใน เขียวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550)

(1) โมโนมิติทางวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding) หรือ SU คือ คำตอบของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีโมเดลสอดคล้องกับโมเดลที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับโมเดลของนักวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

(2) โมโนมิติทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding) หรือ PU คือ คำตอบของนักเรียนที่แสดงว่ามีโมเดลที่สอดคล้องกับโมเดลที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับโมเดลของนักวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

(3) โมโนมิติทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและโมเดลคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception) หรือ PU&MU คือ คำตอบของนักเรียนที่แสดงว่ามีโมเดลที่สอดคล้องกับโมเดลที่เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับโมเดลของนักวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากโมเดลทางวิทยาศาสตร์

(4) โมโนมิติคลาดเคลื่อน (Specific Misconception) หรือ MU คือ คำตอบของนักเรียนที่แสดงมีโมเดลที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากโมเดลที่เป็นที่ยอมรับ และสอดคล้องกับ โมเดลของนักวิทยาศาสตร์

(5) ไม่เข้าใจโมเดลเชิงวิทยาศาสตร์ (No Understanding) หรือ NU คือ การที่นักเรียนไม่ตอบคำถาม ตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

2) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการสังเกตแบบมีส่วนร่วมผู้วิจัยดูวิดีโอเทปบันทึกการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบอย่างละเอียด และบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากสิ่งที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเดลเรื่องสมดุลเคมี

3) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยถอดเทปบันทึกเสียงแบบคำต่อคำ และอ่านโดยละเอียด จัดกลุ่มคำตอบของผู้เรียนโดยใช้โมเดลทางวิทยาศาสตร์เป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเดลเรื่องสมดุลเคมี

4) การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลงาน และชิ้นงานของนักเรียน ผู้วิจัยตรวจคำตอบ และวิเคราะห์เนื้อหาพร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเดลเรื่องสมดุลเคมี

5) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจมโนคติเรื่องสมดุลเคมีหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ ผู้วิจัยอ่านคำตอบของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียด จัดกลุ่มมโนคติของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ความสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนคติ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนทุกคนมีมโนคติก่อนเรียนอยู่ในประเภทไม่เข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยพบว่า นักเรียนส่วนมากไม่ได้อธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบ โดยมีนักเรียนบางคนที่ยังอธิบายเหตุผลในลักษณะทวนคำถามหรือไม่สื่อความหมาย ซึ่งอาจเนื่องมาจากผู้เรียนไม่คุ้นเคยกับการเขียนตอบหรือการอธิบายความเข้าใจของตนเอง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการสำรวจมโนคติที่หลากหลายเพื่อค้นหาความเข้าใจที่แท้จริงของผู้เรียน (Gunstone, 1993) โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรวจมโนคติที่หลากหลาย ได้แก่ การทดสอบการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์ชิ้นงานและการสังเกตกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อมุ่งทำความเข้าใจถึงความเข้าใจที่แท้จริงของผู้เรียนเกี่ยวกับมโนคติเรื่องสมดุลเคมี ผู้วิจัยพบว่าวิธีการเปรียบเทียบตามแนวทาง FAR Guide มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมี จากการวิเคราะห์มโนคติหลังเรียนพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นในบางมโนคติ แต่ยังมีข้อบกพร่องว่านักเรียนยังมีมโนคติคลาดเคลื่อนในทุกมโนติย่อย ผู้วิจัยจะอภิปรายสรุปผลการเปลี่ยนแปลงมโนคติแยกตามมโนติย่อยดังต่อไปนี้

1. มโนคติเรื่องภาวะสมดุล

มโนคติที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบมโนตินี้คือ สภาวะสมดุลในบ่อน้ำพุ พบว่า นักเรียนบางส่วน (3 คน จาก 11 คน) อภิปรายได้ว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ แต่ไม่ได้ระบุว่าภาวะสมดุลดังกล่าวเป็นลักษณะของสมดุลไดนามิก ปัญหาดังกล่าวเนื่องมาจากผู้เรียนไม่ได้ใส่ใจหรือตระหนักว่า คำจำกัดความของสมดุลประเภทดังกล่าวเรียกว่าอะไร

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lemke (1990) ที่กล่าวว่า ภาษาวิทยาศาสตร์เป็นเหมือนภาษาต่างประเทศสำหรับนักเรียน ดังนั้นหากนักเรียนไม่ตระหนักในภาษาวิทยาศาสตร์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ แล้ว จะเป็นการยากที่นักเรียนจะอ้างอิงภาษาดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้มีนักเรียนตอบคำถามไม่ตรงประเด็น โดยนักเรียนนำมโนคติเรื่องการบวกลบภาวะสมดุลและหลักการของเลอชาเตอลีเยมาใช้ในการตอบคำถามปัญหาดังกล่าวเกิดเนื่องจากนักเรียนอาจไม่เข้าใจคำถามหรือคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในคำถาม นักเรียนจึงไม่สามารถเลือกมโนคติมาตอบให้เหมาะสมกับคำถาม สอดคล้องกับ Eilkes (2003) ที่พบว่า นักเรียนนั้นมีพื้นฐานแตกต่างจากนักวิทยาศาสตร์หรือผู้เชี่ยวชาญ ในบางครั้งจึงอาจไม่เข้าใจหรือเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์หรือผู้เชี่ยวชาญนำเสนอ

2. มโนคติเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล

มโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ สถานการณ์สมมติการโยนลูกมะพร้าวระหว่างเพื่อนบ้าน ผู้วิจัยพบว่า ผู้เรียนบางคนจะมีมโนคติคลาดเคลื่อนที่ว่าเพื่อนบ้านทั้งสองคนจะโยนมะพร้าวได้เท่ากันก็ต่อเมื่อจำนวนลูกมะพร้าวทั้งสองข้างเท่ากัน เมื่อนักเรียนเชื่อมโยงไปสู่สมมติเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลนักเรียนจึงเกิดมโนคติคลาดเคลื่อนที่ว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเท่ากับปฏิกิริยาย้อนกลับเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เท่ากัน จากการวิเคราะห์มโนคติหลังเรียน พบว่า นักเรียนบางส่วน (5 คน จาก 11 คน) มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่าเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารจะคงที่ และมีนักเรียนบางส่วนระบุจุดที่ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลได้ แต่ไม่ได้อธิบายว่าเป็นจุดที่ความเข้มข้นของสารคงที่ ปัญหาดังกล่าวเกิดเนื่องจากนักเรียนมีปัญหาในการเลือกใช้คำที่เหมาะสมเพื่อเสนอมโนคติของตน (Wellington & Wellington, 2002)

3. มโนคติเรื่องค่าคงที่สมดุล

มโนคติที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบคือ สภาวะสมดุลระดับน้ำ โดยนักเรียนได้มีโอกาสทำการทดลองและคำนวณหาค่าคงที่สมดุลระดับน้ำได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนสังเกตได้ว่าการเปลี่ยน

ปริมาตรน้ำที่เติมลงไปในห้องนิตยาไม่ได้ทำให้ค่าคงที่สมดุลระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไป จากการวิเคราะห์มโนคติหลังเรียนเรื่องมโนคติเรื่องค่าคงที่สมดุลเกี่ยวกับความหมายของค่าคงที่ พบว่านักเรียนบางส่วน (6 คน จาก 11 คน) อธิบายว่า ณ ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นเท่ากับสารผลิตภัณฑ์เช่นกัน โดยที่นักเรียนไม่ได้พิจารณาค่าคงที่สมดุลที่โจทย์กำหนดให้ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน เช่นเดียวกับที่พบในงานวิจัยของ ปฐมภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) ที่พบว่าภาษาศาสตร์มีความแตกต่างจากภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน คำบางคำอาจจะเหมือนกับคำที่ใช้ในชีวิตประจำวัน แต่กลับใช้ในความหมายที่ต่างกันในบริบทที่ต่างกัน และจากการพิจารณา มโนคติหลังเรียนเรื่องค่าคงที่สมดุลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกับค่าคงที่สมดุล เมื่อพิจารณาประเภทของมโนคติหลังเรียนพบว่า นักเรียนบางส่วน (6 คน จาก 11 คน) มีมโนคติคลาดเคลื่อนที่ว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นทำให้ค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลง ทั้งที่ในการจัดการเรียนรู้มโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบแสดงให้นักเรียนเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำไม่ได้ทำให้อัตราส่วนปริมาณน้ำในห้องนิตยาเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด แสดงว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับมโนคติเรื่องค่าคงที่สมดุล สอดคล้องกับ Harrison and Coll (2008) ที่พบว่า นักเรียนแต่ละคนจะมีความสามารถในการเชื่อมโยงมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Analog) กับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Target) ได้แตกต่างกัน

4. มโนคติเรื่องการรบกวนภาวะสมดุลและหลักการของเลอชาเตอลิเอร์

ในส่วนของ มโนคติเรื่องการรบกวนภาวะสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น มโนคติที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบมโนตินี้ คือ การรบกวนสภาวะสมดุลระดับน้ำ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนบางส่วน (4 คน จาก 11 คน) อธิบายว่าเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550) นักเรียนมีมโนคติเช่นนี้อาจไม่เข้าใจมโนคติเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมีที่มีลักษณะเป็นสมดุลไดนามิก นักเรียนอาจเข้าใจว่าเมื่อปฏิกิริยาเข้าสู่

ภาวะสมดุลแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น และการรบกวนความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในระบบที่เข้าสู่ภาวะสมดุลแล้วจะไม่ส่งผลต่อภาวะสมดุล นอกจากนั้นยังมีนักเรียนบางส่วนอธิบายว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารทำให้สารอื่นมีความเข้มข้นตามไปด้วย นักเรียนที่มีมโนคติเช่นนี้ อาจเนื่องจากนักเรียนยังไม่เข้าใจมโนคติเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอร์ จึงไม่สามารถทำนายทิศทางการปรับตัวของระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลเมื่อถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Furio et al. (2000 อ้างถึงใน เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) ที่ค้นพบว่านักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจมโนคติเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอร์ ทำให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและทิศทางการปรับตัวของระบบที่ถูกรบกวนภาวะสมดุลได้ไม่ถูกต้อง

ส่วนมโนคติเรื่องการรบกวนภาวะสมดุล โดยการเปลี่ยนแปลงความดันมโนคติที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบมโนตินี้ คือ การรบกวนภาวะสมดุลของลูกโป่ง โดยเริ่มต้นจากการให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความดันของแก๊สที่อยู่ในภาชนะขนาดเท่ากันแต่มีปริมาณแก๊สที่บรรจุภายในภาชนะแตกต่างกัน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถตอบได้ว่าภาชนะใบที่มีปริมาณแก๊สมากกว่ามีความดันมากกว่า เมื่อพิจารณาประเภทของมโนคติหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนในหลายลักษณะ เช่น การลดความดันทำให้ความเข้มข้นลดลง การลดความดันทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น การลดความดันทำให้ปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้า และการลดความดันทำให้ปฏิกิริยาย้อนกลับ นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับการปรับตัวเพื่อลดหรือเพิ่มความดันให้แก่ระบบแต่อย่างใด นักเรียนที่มีมโนคติเช่นนี้อาจเนื่องจากนักเรียนยังไม่เข้าใจ มโนคติเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอร์ จึงไม่สามารถทำนายทิศทางการปรับตัวของระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลเมื่อถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงความดันได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Furio et al. (2000 อ้างถึงใน เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) ที่ค้นพบว่า นักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจมโนคติเรื่องหลักของเลอชาเตอลิเอร์ ทำให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและทิศทางการปรับตัวของระบบที่ถูกรบกวนภาวะสมดุลได้ไม่ถูกต้อง

ส่วนมโนคติเรื่องการบวณภาวะสมดุล โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มโนคติที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบมโนคตินี้ คือ การบวณภาวะสมดุลระหว่างสถานะ โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยเริ่มต้นจากการอภิปรายการปรับตัวของมนุษย์เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่อพิจารณาประเภทของมโนคติหลังเรียน พบว่า นักเรียนบางส่วนมีมโนคติคลาดเคลื่อนโดยอธิบายว่า การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยาไปข้างหน้า โดยที่นักเรียนไม่ได้คำนึงว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายความร้อน ลักษณะความคลาดเคลื่อนนี้ยังพบในงานวิจัยของ Ozmen (2008) ที่พบว่า นักเรียนนำมโนคติเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาใช้ในการอธิบายทิศทางการปรับตัวของภาวะสมดุล โดยที่นักเรียนเข้าใจว่าการเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ นอกจากนั้นพบว่ามโนคติบางคนอธิบายว่าระบบจะปรับตัวไปตามปฏิกิริยาคายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ นักเรียนที่มีมโนคติเช่นนี้ อาจเนื่องจากนักเรียนเข้าใจมโนคติเรื่องหลักการของเลอชาเตอลิเอ แต่มีมโนคติคลาดเคลื่อนเรื่องการเปลี่ยนแปลงแบบดูดและคายความร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของเยาเวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550) ที่พบว่า สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้มโนคติเรื่องสมดุลเคมี คือ นักเรียนไม่เข้าใจมโนคติพื้นฐานบางมโนคติ ผลการวิจัยในครั้งนี้สรุปได้ว่า นักเรียนมีมโนคติก่อนเรียนส่วนมากอยู่ในประเภทไม่เข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ มีบางมโนคติที่พบปัญหาในการจัดการเรียนรู้เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจมโนคติพื้นฐาน และเข้าใจมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบบางมโนคติไม่ตรงกัน หลังจัด

การเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ พบว่า นักเรียนมีมโนคติหลังเรียนส่วนมากอยู่ในประเภทมโนคติคลาดเคลื่อนและไม่เข้าใจ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ มโนคติเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารก่อนและหลังเข้าสู่ภาวะสมดุล มโนคติเรื่องค่าคงที่สมดุล มโนคติเรื่องการบวณภาวะสมดุลและหลักการของเลอชาเตอลิเอ ซึ่งความคลาดเคลื่อนบางส่วนเกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ และอาจจะเกิดจากปัจจัยด้านภาษาเนื่องจากในแบบสำรวจมโนติบางข้อนักเรียนเข้าใจความหมายไม่ถูกต้อง นักเรียนอธิบายเหตุผลไม่สื่อความหมาย รวมทั้งพบผลกระทบจากปัจจัยด้านความเชื่อในแรงจูงใจ และปัจจัยด้านบริบทของสังคม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้ความสำคัญกับการสำรวจมโนคติโดยใช้วิธีการที่หลากหลายเพื่อค้นหาความเข้าใจที่แท้จริงของผู้เรียน เพราะนักเรียนอาจจะมีปัญหาในเรื่องการเขียนอธิบายความเข้าใจของตนเอง
2. ควรให้ความสำคัญกับผลของปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนคติอื่น ๆ เช่น ปัจจัยด้านภาษา ความเชื่อในแรงจูงใจ และบริบททางสังคม และจัดการเรียนรู้โดยอาศัยผลการศึกษาค้นคว้าของปัจจัยเหล่านี้ เพราะปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการจัดการเรียนรู้
3. ผู้วิจัยควรให้ความสำคัญกับความทับซ้อนระหว่างมโนคติเรื่องสมดุลเคมีกับมโนคติเคมีอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อจัดการเรียนรู้ เพราะบางมโนคติเมื่ออยู่ในบริบทที่แตกต่างกันอาจมีความหมายที่แตกต่างกันได้

เอกสารอ้างอิง

- ชาติศรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 19(2), 10-28.
- ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2551). การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด. *วารสารศึกษาศาสตร์ (ฉบับพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 31(1), 27-35.
- เยาเวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณวงศ์ และณณกุล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 13(4), 541-553.

- Eiliks, J. (2003). Student's Understanding of the Particulate Nature of Matter and Misleading Textbook Illustrations. **Chemistry in Action**, **69**(Spring), 35-40.
- Glynn S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In Glynn, S. M., Yeany, S. and Britton, B. (eds). **The Psychology of Learning Science** (pp. 219-240). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Glynn S. M. (1994). **Teaching Science with Analogies: A Strategy for Teacher and Textbook**. Research Report No. 15, Athens, GA: University of Georgia and College Park.
- Gunstone, R. (1993). **Fostering change in science education: A focus on the learner**. Presented at the UNESCO International Conference on Science Education in Developing Countries, Jerusalem.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teacher' conceptions of conservation of matter and related concepts. **Journal of Research in Science Teaching**, **34**(2), 181-197.
- Harrison, A. G. (2008). Multiple Analogies Are Better Than One-Size-Fits-All Analogies. In Harrison, A. G. and Coll, R. K. (eds.). **Using Analogies in Middle and Secondary Science Classrooms** (pp. 46-65). Thousand Oaks, CA: Corwin.
- _____. and Coll, R. K. (2008). **Using Analogies in Middle and Secondary Science Classrooms**. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- _____. and Treagust, D. F. (2006). Teaching and Learning with Analogies. In Aubusson et al. (eds.). **Metaphor and Analogy in Science Education** (pp. 11-24). Netherlands: Springer.
- Lemke, J. L. (1990). **Talking science: language, learning, and values**. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Ozemm, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. **Chemistry Education Research and Practice**, **9**, 225-233.
- Raviolo, A., and Garritz, A. (2009). Analogies in the teaching of chemical equilibrium: a synthesis/analysis of the literature. **Chemistry Education Research and Practice**, **10**, 5-13.
- Schotz, W., Vosniadou, S. and Carretero, M. (1999). **Advances in Learning and Instruction Series: New Perspectives on Conceptual Change**. Amsterdam: Pergamon.
- Treagust, D. F., Harrison, A. G. and Venville, G. (1998). Teaching Science effectively With Analogies: An Approach for Preservice and Inservice Teacher Education. **Journal of Science Teacher Education**, **9**(2), 85-101.
- Venville, G. and Treagust, D. F. (1996). The role of analogies in promoting conceptual change in biology. **Instructional Science**, **24**, 295-320.
- Wellington, W. and Wellington, J. (2002). Children with communication difficulties in mainstream science classroom. **School Science Review**, **83**(305), 81-92.