



บทความวิจัย

ความเข้าใจนิมิตและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการทำนาย-  
สังเกต-อธิบาย

กฤษฎา พันธ์ชัย<sup>1</sup> พันธ์ดา มาตราช<sup>2</sup> สุภาพ ตาเมือง<sup>1,3,\*</sup> และศักดิ์ศรี สุภาธร<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

<sup>2</sup>โรงเรียนโพธิ์พิกุลวิทยา ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอโพธิ์นาแก จังหวัดสกลนคร

<sup>3</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

\*Email: suparb.t@ubu.ac.th

รับบทความ: 01 พฤษภาคม 2560 ยอมรับตีพิมพ์: 26 ธันวาคม 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจนิมิตและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบาย จำนวน 10 ชั่วโมง เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบวัดความเข้าใจนิมิตแบบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น และแบบวัดแบบจำลองทางความคิด จากการวิเคราะห์แบบวัดความเข้าใจนิมิต พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจนิมิตหลังเรียน (mean 19.32, S.D. 6.09) สูงกว่าก่อนเรียน (mean 8.06, S.D. 3.21) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยหลังเรียนมีผลรวมร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความเข้าใจนิมิตและผิด (NU+MU) ลดลงจากก่อนเรียนร้อยละ 29.01 ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมิตถูกต้องและไม่สมบูรณ์ (SU+PU) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนร้อยละ 32.72 และจากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดหลังเรียน พบว่าผลรวมร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความเข้าใจนิมิตและผิด (NU+MU) เป็น 15.55 และผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมิตถูกต้องและไม่สมบูรณ์ (SU+PU) เป็น 68.89 แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจนิมิตนิมิตเรื่องสมดุลเคมี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** สมดุลเคมี การเรียนรู้แบบสืบเสาะ ความเข้าใจนิมิต แบบจำลองทางความคิด

อ้างอิงบทความนี้

กฤษฎา พันธ์ชัย พันธ์ดา มาตราช สุภาพ ตาเมือง และศักดิ์ศรี สุภาธร. (2561). ความเข้าใจนิมิตและแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 1(1), 49-60.

Research Article

## Eleventh grade students' conceptual understanding and mental models on chemical equilibrium from learning by using inquiry incorporated with predict-observe-explain technique

Kritsada Pananchai<sup>1</sup>, Phanatda Matarat<sup>2</sup>, Suparb Tamuang<sup>1,3,\*</sup> and Saksri Supasorn<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Graduate Programs in Science Education, Faculty of Science, Ubon Ratchatani University, Ubon Ratchathani

<sup>2</sup>Pon Pittaya School, Banpon, Ponnakaew, Sakon Nakhon

<sup>3</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchatani University, Warinchamrab, Ubon Ratchathani

\*Email: [suparb.t@ubu.ac.th](mailto:suparb.t@ubu.ac.th)

Received <01 May 2017>; Accepted <26 December 2017>

---

### Abstract

The main purpose of this research was to investigate eleventh grade students' conceptual understanding in chemical equilibrium from learning by using inquiry incorporated with predict-observe-explain learning technique for 10 hours. The data collecting tools consisted of 2-tier diagnostic conceptual test and mental model test. The dependent samples t-test analysis of students' conceptual test scores indicated that the post-conceptual test score (mean 19.32, S.D. 6.09) was significantly higher than the pre-conceptual test score (mean 8.06, S.D. 3.21) at the 95% confidence level. After the implementation, the total percentages of students in no- and mis-conceptual understanding (NU+MU) categories decreased by 29.01, while the total percentage of students in the sound and partial conceptual understanding (SU+PU) categories increased by 32.72. The mental model analysis revealed that the total percentage of students' mental model in no- and mis-conceptual understanding (NU+MU) categories was 15.55 and the total percentage of students in the sound and partial conceptual understanding (SU+PU) categories was 68.89. This verified that this implementation was effective to develop students' conceptual understanding of chemical equilibrium.

**Keywords:** Chemical equilibrium, Inquiry learning, Conceptual understanding, Mental model

---

#### Cite this article:

Pananchai, K., Matarat, P., Tamuang, S. and Supasorn, S. (2018). Eleventh grade students' conceptual understanding and mental models on chemical equilibrium from learning by using inquiry incorporated with predict-observe-explain technique (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 1(1), 49-60.

## บทนำ

วิชาเคมีมุ่งเน้นให้เข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสสาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสมบัติและพฤติกรรม ที่เรามองเห็นได้ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสมบัติและพฤติกรรมระดับระดับอนุภาค ที่เรามองไม่เห็น แต่ด้วยธรรมชาติของวิชาเคมี ประกอบด้วยมโนคติจำนวนมากที่เป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ ต้องใช้จินตนาการในการคิดเชื่อมโยงเนื้อหากับประสบการณ์และชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนจำนวนมากมีมโนคติคลาดเคลื่อน (Hompromma and Suwannoi, 2010; ศักดิ์ศรี สุภาจร, 2555) และจากประสบการณ์ของผู้วิจัยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี พบว่านักเรียนมีความคิดว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่มีเนื้อหาซับซ้อน ไม่สามารถมองเห็นได้ เข้าใจยาก ทำให้ไม่โต้ตอบ ขาดความสนใจ ไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นในระหว่างเรียน และเมื่อให้นักเรียนทำแบบทดสอบพบว่าได้คะแนนค่อนข้างต่ำ และยังพบว่าเนื้อหาเรื่องหนึ่งที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหลายจุดคือ เรื่องสมดุลเคมี เช่น เรื่องภาวะสมดุล นักเรียนเข้าใจว่าเมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าเมื่อรบกวนภาวะสมดุลด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นบางชนิดจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งเนื้อหาเรื่องสมดุลเคมีนี้เป็นมโนคติหนึ่งที่มีความสำคัญในการเรียนการสอนเคมี เป็นมโนคติพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษามโนคติอื่น ๆ ในวิชาเคมี เช่น มโนคติเรื่องกรด เบส การที่นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี อาจส่งผลให้นักเรียนประสบปัญหาการเรียนวิชาเคมีขั้นสูงต่อไปในอนาคต (เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนามโนคติของนักเรียนให้มีมโนคติถูกต้องมากขึ้น และลดมโนคติที่คลาดเคลื่อนให้น้อยลง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รู้จักการค้นคว้าหาความรู้ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง (อิกมะฮ์ อาแวกะจี และศักดิ์ศรี สุภาจร, 2558) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล หรือหลักฐานต่างๆ มาใช้เพื่ออธิบาย ปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหาในสิ่งที่นักเรียนต้องการหาคำตอบ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน เป็นการจัดการเรียนการสอนเคมีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง (Supasorn, 2015) โดยครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนคติทางวิทยาศาสตร์และเหมาะสมสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับ สามารถช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและปานกลางให้เข้าใจมโนคติได้ดีขึ้น และเป็นการทำทลายทักษะทางสติปัญญาขั้นสูง (higher-order cognitive skills) สำหรับผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงได้อย่างดี (เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) และกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวควรจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด มีความคิดสร้างสรรค์ให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองได้มากที่สุด กิจกรรมที่จะให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบจะต้องเชื่อมโยงกับความคิดเดิม และนำไปสู่การแสวงหาความรู้ใหม่และได้ใช้กระบวนการและทักษะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้ (สถาบันส่งเสริมการ สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) และยังพบว่าการใช้กิจกรรมการทดลองที่นักเรียนสามารถสังเกตและติดตามการเปลี่ยนแปลงได้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้นมากขึ้น (Eilks and Gulacar, 2016) เช่น การสังเกตสีของสารในการเปลี่ยนแปลงภาวะสมดุลไดนามิก นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอนผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น ช่วยเพิ่มมโนคติถูกต้อง และลดมโนคติคลาดเคลื่อนและผิด ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รู้จักการค้นคว้าหาความรู้ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง (อิกมะฮ์ อาแวกะจี และศักดิ์ศรี สุภาจร, 2558) ทำให้นักเรียนเกิดคำถามในใจ มีความสนใจอยากรู้คำตอบที่คาดคะเนไว้ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดีส่งผลให้เมื่อเรียนแล้วเกิดความรู้มากขึ้น (ทศวรรษ ภูผาแร่ และศักดิ์ศรี สุภาจร, 2557) และยังพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นสิ่งที่สะท้อนความเข้าใจของนักเรียนได้ ช่วยให้นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเพิ่มขึ้น และสามารถเชื่อมโยง เนื้อหาเคมีทั้งระดับมหภาค จุลภาคและ

สัญลักษณ์ได้ (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณ รุจิ, 2558) การสร้างแบบจำลองทางกายภาพที่ได้จากกิจกรรมช่วยสร้างความสนใจให้กับนักเรียนในการใช้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมาอธิบายเนื้อหาซึ่งเป็นนามธรรม ยกต่อการทำความเข้าใจ (Turner, 2016) ช่วยเชื่อมโยง ความรู้ระหว่างการทดลองกับการเปลี่ยนแปลงระดับอนุภาค ทำให้สังเกตได้ทั้งโครงสร้างและกลไกการเปลี่ยนแปลง (Kelly and Akaygun, 2016) ดังนั้นหากนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลกับสิ่งที่นักเรียนมองเห็นได้ จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการศึกษามโนคติทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับสมดุลเคมี ด้วยวิธีการการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้นผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจ เนื่องจากขั้นนี้เป็นขั้นตอนสำคัญในการเริ่มต้นนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนรู้มาแล้วจากประสบการณ์เข้ากับสิ่งที่กำลังเรียนอยู่ โดยใช้กิจกรรมการทดลองที่นักเรียนสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สังเกตสี ระดับของเหลวที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการรบกวนภาวะสมดุล

### วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความเข้าใจโมเลกุลทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการเรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้นผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจ

### วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จำแนกรายละเอียดได้ดังนี้

#### แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) (อรพินทร์ ชูชม, 2552) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเดียว ทั้งนี้มีการวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ด้วยแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แต่การวัดโดยใช้แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีดำเนินการหลังเรียนเท่านั้น

#### กลุ่มตัวอย่างและประชากร

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทย์-คณิต จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวน 58 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนโพธิ์พิทยาคม จังหวัดสกลนคร

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมี กิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมโดยใช้วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่หาได้ง่ายในชีวิตประจำวัน เช่น ขวดน้ำพลาสติก ลูกโป่ง แอมโมเนีย เกลือ น้ำส้มสายชู ผงฟู น้ำยาล้างเล็บ น้ำโซดา เป็นต้น (ภาพที่ 1) ทำให้สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาสมดุลเคมีเข้ากับชีวิตประจำวันได้ง่ายขึ้น แผนการจัดการเรียนรู้ แสดงดังตารางที่ 1

2. แบบวัดความเข้าใจโมเลกุลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี แบบวินิจฉัย 2 ลำดับขั้น (2-tier diagnostic test) จำนวน 20 ข้อ

3. แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจและแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้หลักในชั้นสำรวจและค้นหา

4. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด (Mental model test)



ภาพที่ 1 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี

ตารางที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ (ชั่วโมง)	กิจกรรม POE	กิจกรรมการเรียนรู้หลัก
1. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และภาวะสมดุลสถานะ (2)	การระเหยของแอมโมเนีย นักเรียนพิจารณาสารละลายแอมโมเนียในภาชนะขนาดเท่ากัน 2 อัน ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น ลงมือทำกิจกรรม สังเกตและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น	Equilibrium in bottle
2. สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและค่าคงที่สมดุล (3)	Equilibrium Tank เติมน้ำลงในอ่างพลาสติก กำหนดให้เป็นสารตั้งต้น ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น หากตักน้ำออกกลายเป็นผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์เปลี่ยนกลับเป็นสารตั้งต้น หาคำตอบจากการทำกิจกรรม และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น	สมดุลในระหว่าง $Fe^{3+}$ กับ $SCN^-$
3. การรบกวนภาวะสมดุลด้วยความเข้มข้นและอุณหภูมิ (3)	Blue bottle ใช้ผงกลูโคสและ NaOH เติมน methylene blue ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น สังเกต และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น	ปฏิกิริยา $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ กับ $[CoCl_4]^{2-}$ และ $Fe^{3+}$ กับ $SCN^-$
4. ผลของความดันต่อภาวะสมดุล (2)	ลูกโป่งมหาสนุก ใช้ลูกโป่ง น้ำส้มสายชู ผงฟู และขวดพลาสติก ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นเมื่อใส่ผงฟูลงในขวดที่มีน้ำส้มสายชู ทำกิจกรรม และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น	สมดุลของปฏิกิริยา $CO_2 + H_2O$

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

- 1) ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที
- 2) ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้จำนวน 4 แผน รวม 10 ชั่วโมง
- 3) ทดสอบหลังเรียนโดยให้นักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ชุดเดิม แต่มีการสลับข้อคำถามและสลับตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
- 4) ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด จำนวน 2 ข้อ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1) วิเคราะห์คะแนนความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี จากแบบวัดความเข้าใจนิมิต ทั้งตัวเลือกและเหตุผล และจัดกลุ่มนิมิตวิทยาศาสตร์ (วิทยา ภาชนะ และไฟศาล สุวรรณน้อย, 2553; ศักดิ์ศรี สุภาธร และคณะ, 2559) ดังแสดงในตารางที่ 2 จากนั้น เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ในกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบร้อยละนิมิตทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยจำแนกเป็น มโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มโนคติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) มโนคติถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) มโนคติไม่ถูกต้อง (MU) ไม่มีนิมิตหรือไม่เกี่ยวข้องหรือไม่มีความสัมพันธ์ (NU) และวิเคราะห์ร้อยละความก้าวหน้า (% actual gain) และความก้าวหน้าแบบปกติ (normalized gain) หรือ  $\langle g \rangle$  ซึ่งร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (% actual learning gain) คำนวณจากร้อยละของคะแนนหลังเรียนลบด้วยร้อยละของคะแนนก่อนเรียนสำหรับความก้าวหน้าทางการเรียน แบบปกติ (normalized learning gain:  $\langle g \rangle$ ) คำนวณได้จาก  $\langle g \rangle = (\% \text{posttest} - \% \text{pretest}) / (100\% - \% \text{pretest})$  โดยที่ค่า  $\langle g \rangle$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.30 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับต่ำ ค่า  $\langle g \rangle$  มากกว่า 0.30 แต่น้อยกว่า 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับปานกลาง และค่า  $\langle g \rangle$  มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับสูง (ศักดิ์ศรี สุภาธร และคณะ, 2559)

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์

มโนคติวิทยาศาสตร์	คะแนน		
	ตัวเลือก	เหตุผล	รวม
ความเข้าใจนิมิตถูกต้องอย่างสมบูรณ์ (Sound Conceptual Understanding, SU)	1	1	2
ความเข้าใจนิมิตถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Conceptual Understanding, PU)	1	0.5	1.5
ความเข้าใจนิมิตถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน (Partial with Mis- Conceptual Understanding, PMU)	1 0	0 1	1 1
ความเข้าใจนิมิตไม่ถูกต้องหรือผิดหรือคลาดเคลื่อน (Mis- Conceptual Understanding, MU)	0	0.5	0.5
ไม่มีนิมิตหรือไม่เกี่ยวข้อง (No Conceptual Understanding, NU)	0	0	0

2) วิเคราะห์คะแนนแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมี จากการวาดภาพสัญลักษณ์ที่ใช้แทนชนิดและจำนวนของสารในปฏิกิริยาที่เปลี่ยนแปลง ณ ภาวะสมดุล ของแต่ละประเด็นที่ศึกษา จากนั้น เปรียบเทียบร้อยละนิมิตทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยจำแนกเป็น มโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มโนคติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) มโนคติถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน (PMU) มโนคติไม่ถูกต้อง (MU) ไม่มีนิมิตหรือไม่เกี่ยวข้องหรือไม่มีความสัมพันธ์ (NU)

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้จำแนกเป็นประเด็นได้ดังนี้

### การเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจใจมโนคติ

จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมีทั้ง 6 เนื้อหา ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุล ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล และผลของความดันต่อภาวะสมดุล พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจใจมโนติก่อนเรียนเป็น 8.06 (S.D. 3.21) และมีคะแนนความเข้าใจใจมโนติหลังเรียนเป็น 19.32 (S.D. 6.09) ความก้าวหน้าทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 28.16 หรือ  $<g>$  เป็น 0.35 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจใจมโนติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ามโนติเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 3 และเมื่อจำแนกเนื้อหาออกเป็นหัวข้อย่อยแล้ววิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจใจมโนติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกหัวข้อ และเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายหัวข้อพบว่า หัวข้อค่าคงที่สมดุลมีร้อยละของความก้าวหน้าสูงสุด เท่ากับ 43.75 และ  $<g>$  เท่ากับ 0.52 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ไม่ซับซ้อน เมื่อนักเรียนเข้าใจหลักการคำนวณก็สามารถเข้าใจมโนติเรื่องนั้นได้ดี (พินิตา กัญยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาธร, 2557) และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยให้นักเรียนทำการทดลอง ช่วยให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่สมดุลได้นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีร้อยละคะแนนหลังเรียนและร้อยละความก้าวหน้าต่ำสุดในหัวข้อผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล คือมีคะแนนร้อยละหลังเรียน เท่ากับ 33.85 ร้อยละความก้าวหน้าเท่ากับ 18.06 และ  $<g>$  เท่ากับ 0.21 เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ยาก ซับซ้อน และด้วยธรรมชาติของวิชาเคมี ประกอบด้วยมโนคติที่เป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ ต้องใช้จินตนาการในการคิดเชื่อมโยงเนื้อหากับประสบการณ์ (Hompromma and Suwannoi, 2010) อีกทั้งนักเรียนต้องพิจารณาความเข้มข้นของสารทุกตัวที่อยู่ในระบบสมดุลนั้น ว่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร จึงส่งผลให้ร้อยละความก้าวหน้าในหัวข้อผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล มีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี

หัวข้อ (คะแนนเต็ม)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ความก้าวหน้า		T*
	Mean	S.D.	ร้อยละ	Mean	S.D.	ร้อยละ	ร้อยละ	$<g>$	
การเปลี่ยนแปลงผันกลับได้ (8)	2.79	1.59	34.90	5.03	1.46	62.85	27.95	0.43	8.73
ภาวะสมดุล (8)	1.47	1.30	18.40	3.97	1.76	49.65	31.25	0.38	7.72
ค่าคงที่สมดุล (6)	0.94	1.03	15.74	3.57	1.58	59.49	43.75	0.52	7.73
ผลของความเข้มข้น (8)	1.26	0.98	15.80	2.71	1.29	33.85	18.06	0.21	5.74
ผลของอุณหภูมิ (4)	0.61	0.67	15.97	1.63	0.96	40.63	25.35	0.30	6.06
ผลของความดัน (6)	0.97	0.93	16.20	2.42	1.33	40.28	24.07	0.29	6.65
<b>รวม (40)</b>	<b>8.06</b>	<b>3.21</b>	<b>19.50</b>	<b>19.32</b>	<b>6.09</b>	<b>47.79</b>	<b>28.16</b>	<b>0.35</b>	<b>11.96</b>

\* แตกต่างเมื่อทดสอบด้วย paired-sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนคติต่างๆ จากแบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์จากคะแนนแบบทดสอบวัดความเข้าใจใจมโนติ เรื่องสมดุลเคมี ทั้งตัวเลือกและเหตุผล สามารถจัดกลุ่มมโนติได้ดังนี้ มโนติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มโนติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) มโนติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) มโนติผิด (MU) และไม่มีมโนติ (NU) ซึ่งได้ข้อมูลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละของมโนคติก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มมโนคติต่างๆ เรื่องสมดุลเคมี

หัวข้อ	มโนคติก่อนเรียน					มโนคติหลังเรียน					เปลี่ยนแปลง*		
	NU	MU	PMU	PU	SU	NU	MU	PMU	PU	SU	NU+MU	PMU	PU+SU
การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้	47.9	2.8	16.0	28.5	4.9	13.2	9.0	11.8	45.1	20.8	-28.5	-4.2	+32.6
ภาวะสมดุล	68.1	0.0	24.3	5.6	2.1	29.9	2.1	23.6	28.5	16.0	-36.1	-0.7	+36.8
ค่าคงที่สมดุล	71.3	0.0	24.1	3.7	0.9	19.4	7.4	23.2	15.7	34.3	-44.5	-0.9	+45.4
ผลของความเข้มข้น	70.8	0.0	24.3	4.9	0.0	51.4	6.3	13.9	12.5	16.0	-13.2	-10.4	+23.6
ผลของอุณหภูมิ	69.4	1.4	25.0	4.2	0.0	36.1	6.9	23.6	25.0	8.3	-27.8	-1.4	+29.2
ผลของความดัน	68.5	0.0	29.6	1.9	0.0	41.7	2.8	25.0	13.9	16.7	-24.1	-4.6	+28.7
<b>รวม (เฉลี่ย)</b>	<b>66.0</b>	<b>0.7</b>	<b>23.9</b>	<b>8.1</b>	<b>1.3</b>	<b>31.9</b>	<b>5.8</b>	<b>20.2</b>	<b>23.5</b>	<b>18.7</b>	<b>-29.0</b>	<b>-3.7</b>	<b>+32.7</b>

\* เครื่องหมาย + และ - แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นและการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนคติ ก่อนเรียนพบว่า ทุกหัวข้อมีกลุ่มไม่มีมโนคติ (NU) สูงกว่ามโนคติอื่น หัวข้อที่มีร้อยละมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) และมโนคติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) มากที่สุดคือ การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้โดยมีร้อยละมโนคติเป็น 4.9 และ 28.5 ตามลำดับ และนักเรียนมีร้อยละมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ในทุกหัวข้อใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 23.9 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจพื้นฐานก่อนเรียนเรื่องสมดุลเคมีแต่เป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

เมื่อพิจารณาร้อยละมโนคติหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีร้อยละมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ลดลงในทุกหัวข้อ เฉลี่ย 20.2 สอดคล้องกับการศึกษาของ (เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ, 2550) ที่ได้ทำการศึกษาแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมี พบว่านักเรียนมีมโนคติเรื่องสมดุลเคมีที่หลากหลายและพบมโนคติที่คลาดเคลื่อนในทุกมโนคติย่อย และพบว่าหัวข้อที่มีร้อยละมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มากที่สุด คือหัวข้อค่าคงที่สมดุลอยู่ที่ร้อยละ 34.3 และหัวข้อที่มีมโนคติอยู่ในกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่มากที่สุด คือมีผลรวมร้อยละมโนคติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) มากที่สุดคือหัวข้อการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ รองลงมาคือ ภาวะสมดุล เท่ากับ 65.9 และ 44.5 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้น ช่วยต่อการทำความเข้าใจและสอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน อีกทั้งหัวข้อดังกล่าวไม่ได้เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดี ในขณะที่หัวข้ออื่นเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ผลรวมร้อยละการเปลี่ยนแปลงมโนคติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) ของหัวข้อค่าคงที่สมดุลและภาวะสมดุลมีค่ามากที่สุด คือเพิ่มขึ้น 45.4 และ 36.8 ตามลำดับ ซึ่งหัวข้อผลของความเข้มข้นมีผลรวม PU+SU น้อยที่สุด คือเพิ่มขึ้น 23.6 แต่มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) มากที่สุด คือลดลง 10.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนคติของนักเรียนไปสู่มโนคติที่ถูกต้องมากขึ้น และลดความเข้าใจมโนคติที่ผิดได้

จากผลการวิเคราะห์มโนคติก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าก่อนเรียน ทุกหัวข้อนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มไม่มีมโนคติ (NU) สูงกว่ามโนคติอื่น รองลงมาคือมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) และมโนคติผิด (MU) ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาร้อยละมโนคติหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีร้อยละมโนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ลดลงในทุกหัวข้อ ซึ่งมโนคติ NU+MU+PMU จัดเป็นกลุ่มความเข้าใจมโนคติคลาดเคลื่อน (Alternative Conceptual Understanding : AU) และผลรวมร้อยละมโนคติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) มีค่าเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ผลรวมร้อยละมโนคติกลุ่มไม่มีมโนคติและมโนคติผิด (NU+MU) ลดน้อยลง แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถพัฒนามโนคติที่ถูกต้องและลดมโนคติที่ผิด นำไปสู่

แนวความคิดวิทยาศาสตร์ได้ โดยมโนคติที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ ค่าคงที่สมดุล ภาวะสมดุล และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังพบว่า ค่าเฉลี่ยมโนคติผิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ไม่มีคำถามและคำตอบตายตัว นักเรียนได้ฝึกฝนความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และจินตนาการ (วิจารณ์ พานิช, 2555) คำตอบหลังเรียนของนักเรียนจึงมีโอกาสเป็นมโนคติที่ผิด มากกว่าก่อนเรียน

#### ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนคติต่างๆ จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนคติหลังเรียน โดยวิเคราะห์จากคะแนนแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด (Mental model) เรื่องสมดุลเคมี ซึ่งแบ่งเป็นเนื้อหาย่อย คือ ก่อนภาวะสมดุล ภาวะสมดุล ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล และผลของความดันต่อภาวะสมดุล โดยใช้รูปร่างทางคณิตศาสตร์เป็นสัญลักษณ์ ซึ่งจะให้อาณาพัทธ์สัญลักษณ์แทนชนิด จำนวน และอัตราส่วนของสารในปฏิกิริยาที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ข้อมูลดังตารางที่ 5 และจะเห็นได้ว่า แบบจำลองทางความคิดหลังเรียนเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน เฉลี่ยทุกเนื้อหาย่อยจัดอยู่ในเกณฑ์สูง และจัดอยู่ในกลุ่มมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มากที่สุด คือ 61.67 และจัดอยู่ในกลุ่มไม่มีมโนคติ (NU) น้อยที่สุด คือ 1.11 จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมวิจัยการการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจ ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติถูกต้องมากขึ้น และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดได้ดี (Turner, 2016)

ตารางที่ 5 ร้อยละแบบจำลองทางความคิดหลังเรียนในกลุ่มมโนคติต่างๆ

หัวข้อ	มโนคติ (ร้อยละ)						
	NU	MU	PMU	PU	SU	NU+MU	PU+SU
ก่อนเข้าสู่ภาวะสมดุล	0.00	0.00	0.00	2.78	97.22	0.00	100.00
ภาวะสมดุล	0.00	8.33	13.89	0.00	77.78	8.33	77.78
ผลของความเข้มข้น	0.00	25.00	25.00	2.78	47.22	25.00	50.00
ผลของความดัน	2.78	25.00	19.44	11.11	41.67	27.78	52.78
ผลของอุณหภูมิ	2.78	13.89	19.44	19.44	44.44	16.67	63.88
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.11</b>	<b>14.44</b>	<b>15.56</b>	<b>7.22</b>	<b>61.67</b>	<b>15.55</b>	<b>68.89</b>

เมื่อจำแนกเนื้อหาย่อย เพื่อพิจารณาแบบจำลองทางความคิดหลังเรียนของนักเรียน พบว่า ที่ภาวะก่อนเข้าสู่สมดุล นักเรียนมีร้อยละมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มากที่สุด คือ 97.22 และน้อยที่สุดคือ มโนคติผลของความดันต่อภาวะสมดุล เท่ากับ 41.67 แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เช่น กิจกรรม bottle equilibrium และ equilibrium tank ซึ่งเป็นกิจกรรมที่แสดงให้เห็นภาวะที่เกี่ยวข้องกับสมดุล ทั้งก่อนเข้าสู่สมดุลและที่ภาวะสมดุล อีกทั้งกิจกรรมนี้ยังเปิดโอกาสให้ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้เพื่อนร่วมชั้นเรียน เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกผ่านทางแบบจำลองทางความคิด จึงมีร้อยละคะแนนมโนคติสูง และเมื่อพิจารณาผลรวมมโนคติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) พบว่า มโนคติผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลมีค่าน้อยที่สุดคือ 50.00 สอดคล้องกับร้อยละคะแนนมโนคติที่ได้จากการใช้แบบวัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี แบบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น ซึ่งมีมโนคติผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลมีค่าการเปลี่ยนแปลงมโนคติ PU+SU น้อยที่สุด

#### ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับแบบจำลองทางความคิด

ผู้วิจัยได้นำประเด็นการศึกษาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับแบบจำลองทางความคิด เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ได้แก่ ความเข้มข้นของสาร ความดันและอุณหภูมิที่มีผลต่อภาวะสมดุล มาอภิปรายถึงความ

สอดคล้องเกี่ยวกับความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจ โดยการเปรียบเทียบคะแนนมิติหลังเรียนที่ได้ จากแบบวัดความเข้าใจในมิติ และแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด ดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** คะแนนมิติหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล กำหนดให้ (A) แทนแบบวัดความเข้าใจในมิติ และ (B) แทนแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด

หัวข้อ	คะแนน (ร้อยละ)	
	จากแบบวัดความเข้าใจในมิติ	จากแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด
ผลของความเข้มข้น	33.85	68.06
ผลของอุณหภูมิ	40.63	72.22
ผลของความดัน	40.28	65.97

จากตารางที่ 6 จะพบว่า เมื่อใช้แบบทดสอบชนิดเดียวกัน คือแบบวัดความเข้าใจในมิติ หรือแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด คะแนนมิติแต่ละหัวข้อมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบคะแนนมิติที่ได้ จากแบบวัดความเข้าใจในมิติและแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด พบว่าคะแนนมิติจากแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิดสูงกว่าเมื่อใช้แบบวัดความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์ในทุกหัวข้อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามลำดับขั้นตอน และเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ ผ่านรูปร่าง รูปภาพ สัญลักษณ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนจดจำเนื้อหาความรู้หรือมิติได้ดีกว่าการใช้คำพูดหรือข้อความ ในแบบวัดความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์หรือข้อสอบแบบทั่วไป เมื่อพิจารณาในมิติหลังเรียน ในหัวข้อต่างๆ ตามกลุ่มมโนติดังตารางที่ 7 พบว่า เมื่อใช้แบบวัดความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์ นักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มไม่มีมโนติ (NU) มากที่สุดในทุกหัวข้อ ซึ่งหมายถึงนักเรียนไม่เขียนคำตอบ ส่วนเมื่อใช้แบบทดสอบแบบจำลองทางความคิดนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มไม่มีมโนติ (NU) น้อยที่สุดในทุกหัวข้อ แสดงว่าการใช้แบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด ช่วยให้ข้อมูลทางความคิดของนักเรียนมากกว่าการใช้แบบทดสอบที่ให้นักเรียนเขียนเลือกตอบหรืออธิบายเหตุผล อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสอง มีความสอดคล้องกัน สามารถนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กันได้ เช่น พิจารณามโนติที่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ คือผลรวมมโนติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และมโนติถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) พบว่า มโนติผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลมีค่าน้อยที่สุดคือ 50.00 สอดคล้องกับร้อยละคะแนนมิติที่ได้จากการใช้แบบวัดความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีมโนติผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุลมีค่าการเปลี่ยนแปลงมโนติ PU+SU น้อยที่สุด

**ตารางที่ 7** ร้อยละมโนติหลังเรียนในกลุ่มมโนติ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล กำหนดให้ (A) แทนแบบวัดความเข้าใจในมิติ และ (B) แทนแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด

กลุ่มมโนติ	ร้อยละมโนติ					
	ความเข้มข้น		อุณหภูมิ		ความดัน	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
NU	51.39	0.00	36.11	2.78	41.67	2.78
MU	6.25	25.00	6.94	13.89	2.78	25.00
PMU	13.89	25.00	23.61	19.44	25.00	19.44
PU	12.50	2.78	25.00	19.44	13.89	11.11
SU	15.97	47.22	8.33	44.44	16.67	41.67

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ 3 ประเด็น ได้แก่ คะแนนความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์หมโนมิติ และผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด เรื่องสมดุลเคมีได้ดังนี้

1. จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้นผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจ เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการที่ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นสร้างความสนใจ และมีกิจกรรมการทดลองอย่างง่ายในกิจกรรมการเรียนรู้หลัก พบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโมเดลหลังเรียน (mean 19.32, S.D. 6.09) สูงกว่าก่อนเรียน (mean 8.06, S.D. 3.21) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. จากการวิเคราะห์ร้อยละของหมโนมิติก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์จากคะแนนแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดล เรื่องสมดุลเคมี ทั้งตัวเลือกและเหตุผล เมื่อพิจารณาร้อยละหมโนมิติหลังเรียน พบว่ามีผลรวมร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีหมโนมิติ (NU) หมโนมิติผิด (MU) หมโนมิติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ลดลง ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีหมโนมิติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) และหมโนมิติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) เพิ่มขึ้น ซึ่งหัวข้อที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือค่าคงที่สมดุล ภาวะสมดุล และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ จะเห็นว่าผลการวิจัยนี้สามารถพัฒนาความเข้าใจโมเดลเรื่องสมดุลเคมี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. จากการวิเคราะห์ร้อยละของหมโนมิติหลังเรียน โดยวิเคราะห์จากคะแนนแบบทดสอบแบบจำลองทางความคิด เรื่องสมดุลเคมี พบว่าคะแนนแบบจำลองทางความคิดหลังเรียน เฉลี่ยทุกเนื้อหาย่อยจัดอยู่ในเกณฑ์สูง และจัดอยู่ในกลุ่มหมโนมิติถูกต้องสมบูรณ์ มากที่สุด คือ 61.67 และจัดอยู่ในกลุ่มไม่มีหมโนมิติ น้อยที่สุด คือ 1.11 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจ ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลถูกต้องมากขึ้น โดยการจัดกิจกรรมนี้มีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจ จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดได้ดี เมื่อจำแนกเนื้อหาย่อย พบว่า ที่ภาวะก่อนเข้าสู่สมดุล นักเรียนมีร้อยละหมโนมิติถูกต้องสมบูรณ์ (SU) มากที่สุด คือ 97.22 และน้อยที่สุดคือ หมโนมิติผลของความดันต่อภาวะสมดุล เท่ากับ 41.67

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น สามารถผสมผสานกับเทคนิคอื่นและนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาอื่น ๆ ได้ตามความเหมาะสม และกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย อาจใช้ในขั้นตอนอื่นในวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้นได้ และการเก็บข้อมูลจากนักเรียนหากสามารถเก็บโดยวิธีการที่หลากหลาย เช่น มีการสัมภาษณ์ร่วมด้วย จะทำให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- เยาวเรศ ใจเย็น และคณะ. (2550). แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารสงขลา-นครินทร์ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 13(4), 541-553.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลา-นครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 19(2), 10-25.
- ทศวรรณ ภูผาดำรง และศักดิ์ศรี สุภาพร. (2557). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย. ในรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6 (หน้า 1-6). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

- พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาขร. (2557). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบเพื่อพัฒนาโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6** (หน้า 26-31). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์**, 1(1), 97-124.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิธีการสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์บริษัทตาตาพับลิเคชั่น.
- วิทยา ภาชนะ และไพศาล สุวรรณน้อย. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 4(พิเศษ), 1-17.
- ศักดิ์ศรี สุภาขร. (2555). บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 35(1), 1-7.
- ศักดิ์ศรี สุภาขร นุจรี สุภาขร วรณวไล อธิวาสน์พงศ์ และสนธิ พลชัยยา. (2559). การพัฒนาความเข้าใจโมเดล เรื่อง สารละลาย ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาค สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 7(1), 28-47.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2549). **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- อรพินทร์ ชูชม. (2552). การวิจัยกึ่งทดลอง. **วารสารพฤติกรรมศาสตร์**, 15(1), 1-15.
- อิกมะฮ์ อาแวกะจี และศักดิ์ศรี สุภาขร. (2558). การพัฒนาความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน **รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 9** (หน้า 388-398). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- Hompromma, A. and Suwanno, P. (2010). Grade 10 Thai students' analogy for explaining rate of reaction. In **Proceeding of the 4<sup>1</sup> Australasian Science Education Research Association** (pp. 40-45). New South Wales, Australia: Dave Palmer.
- Eilks, I. and Gulacar, O. (2016). A colorful demonstration to visualize and inquire into essential elements of chemical equilibrium. **Journal of Chemical Education**, 93(11), 1904-1907.
- Turner, K.L. (2016). A cost effective physical modeling exercise to develop students' understanding for covalent bonding. **Journal of Chemical Education**, 93(6), 1073-1080.
- Kelly, R.M. and Akaygun, S. (2016). Insights into how students learn the difference between a weak acid and a strong acid from cartoon tutorials employing visualizations. **Journal of Chemical Education**, 93(6), 1010-1019.
- Supasorn, S. (2015). Grade 12 students' conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit. **Chemistry Education Research and Practice**, 16(2), 393-407.