

การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการ
เกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะ

Development of 11th Grade Students' Conceptual Understanding of
Chemical Reaction Rate by using Inquiry Experiments

สุภาพ ตาเมือง^{1*} กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิสเลลา² และศักดิ์ศรี สุภาพสร³

Suparb Tamuang, Karntarat Wuttisela and Saksri Supasorn

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

(Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการทดลองแบบสืบเสาะ เรื่อง การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มี CO_2 เป็นผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแทนที่น้ำ และนำมาจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความเข้าใจแนวคิดแบบวินิจัยสองลำดับขั้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจแนวคิดหลังเรียน (mean 28.32, S.D. 2.82, 70.80%) สูงกว่าก่อนเรียน (mean 10.57, S.D. 3.18, 26.41%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และผลรวมร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจแนวคิดถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เพิ่มขึ้นมา 47.33 ส่วนผลรวมในกลุ่มความเข้าใจแนวคิดผิดและไม่มี ความเข้าใจแนวคิด (MU+NU) ลดลงไป 42.34 แสดงว่า การทดลองแบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้นสามารถทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงไปสู่ความเข้าใจแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ความเข้าใจแนวคิด การเรียนรู้แบบสืบเสาะ

Abstract

The purpose of this study was to develop inquiry experiments on determination of rate of CO_2 gas-generated reaction by water displacement technique, and implement them for 30 Eleventh Grade students. The data collecting tools was two-tier diagnostic test. It was found that students' post-test score (mean 28.32, S.D. 2.82, 70.80%) was statistically higher than their pre-test score (mean 10.57, S.D. 3.18, 26.41%) at the 95% significant level. The total percentages of students for the partial and sound (PU+SU) and for the mis- and no-conceptual understanding (NU+MU) categories were

increased by 47.33 and decreased by 42.34, respectively. This verified that this intervention was effective to aid students to change to the more corresponding scientific conception.

Keywords : Rate of chemical reaction, Conceptual understanding, Inquiry learning

**Corresponding author, E-mail: suparb.t@ubu.ac.th โทร. 0 4535 3407*

บทนำ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Rate of chemical reaction) หรือจลนพลศาสตร์เคมี (chemical kinetics) จัดเป็นหัวข้อหนึ่งที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหลายจุด (Justi, 2003) ทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนด้วยเทคนิคที่หลากหลาย เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) แบบสืบเสาะที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (Chairam et al., 2009) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการเปรียบเทียบ โดยการสร้างความสนใจของนักเรียนเข้าสู่คำถามการทดลองแล้วให้นักเรียนทำการทดลองแบบสืบเสาะเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา จากนั้นนักเรียนจะได้สร้างคำอธิบายผลจากการทดลองหรือการสำรวจ แล้วขยายความรู้โดยการเชื่อมโยงกับสิ่งที่มองไม่เห็นด้วยการเปรียบเทียบหรือการอุปมาเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างอุปมาหรือการเปรียบเทียบของนักเรียนเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจในมิติเป็นอย่างไรบ้าง (Supasorn and Promarak, 2015) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกจำนวนหนึ่งที่จัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบหรือแบบอุปมาเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในมิติของนักเรียนใน เช่น วิทยา ภาชีน และไพศาล สุวรรณน้อย (2553) และอรรณพ หอมพรมมา (Hompromma and Suwannoi, 2010) ตัวอย่างการเปรียบเทียบที่ใช้ในการสอนครั้งนี้ เช่น (1) การเปรียบเทียบการทำรังของผึ้งกับโมโนมิความเข้มข้น (2) การเปรียบเทียบการละลายของน้ำแข็งกับโมโนมิเรื่องพื้นที่ผิว (3) การเปรียบเทียบได้รเป่าผมกับโมโนมิเรื่องอุณหภูมิ และ (4) การเปรียบเทียบการขับรถกลับบ้านโดยใช้ทางด่วนกับโมโนมิเรื่องผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสิ่งเปรียบเทียบเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนจินตนาการโมโนมิที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น และการทำกิจกรรมเปรียบเทียบยังช่วยสร้างแรงจูงใจสร้างความสนใจกระตุ้นทำให้นักเรียนสนุกทำทนายรวมถึงสามารถสื่อความหมายและอธิบายเนื้อหาหรือโครงสร้างที่ซับซ้อนยุ่งยากให้เข้าใจง่ายมากขึ้นเพราะสิ่งที่นำมาใช้เปรียบเทียบใกล้เคียงกับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยและยังทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้นเมื่อนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดหรือสร้างสิ่งเปรียบเทียบด้วยตนเอง นอกจากนี้ ยังมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดย จินดา พรหมมณชู และคณะ (2553) ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ซึ่งเริ่มต้นด้วยการนำเสนอการณืมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และหลังจากที่นักเรียนเรียนรู้แนวคิดแล้วจึงให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการอธิบายบริบทอื่น ๆ โดยแนวคิดเรื่องที่นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องจากมากไปน้อยดังนี้ แนวคิดเรื่องพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา แนวคิดเรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎอัตราและอันดับของปฏิกิริยา ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามลำดับ แต่นักเรียนยังมี

ความเข้าใจไม่ถูกต้องในแนวคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและกลไกของปฏิกิริยาเคมี ซึ่งอาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่มีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดพื้นฐานในเรื่องนั้น ๆ จึงส่งผลทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ที่เคยเรียนมาประยุกต์ใช้ในการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ และสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้นักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน อาจเนื่องมาจากนักเรียนสับสนกับคำศัพท์เฉพาะต่าง ๆ สำหรับเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนในระดับดี ทั้งในด้านลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เนื่องจากกิจกรรมที่หลากหลายแปลกใหม่นักเรียนได้ปฏิบัติด้วยตนเองและมีสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย

วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2556) ได้จัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยกิจกรรมแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรม POE ในชั้นสร้างความสนใจ แล้วพบว่า พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนทั้งสามกลุ่มมีความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 40.63, 46.45 และ 38.50 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างอิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีคะแนนความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในภาพรวมในระดับ “ดี” (ร้อยละ 73.82) โดยมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรในระดับ “ดีมาก” (ร้อยละ 82.29) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (ร้อยละ 74.06) และการทดลอง (ร้อยละ 76.58) อยู่ในระดับ “ดี” แต่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (ร้อยละ 65.77) อยู่ในระดับ “พอใช้” ทั้งนี้ การใช้กิจกรรม POE สามารถสร้างความสนใจของนักเรียนและกระตุ้นให้เกิดคำถาม แล้วดำเนินการสำรวจและหาคำตอบตามกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยข้างต้นทำให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้น ทางผู้เขียนจึงได้พัฒนาการทดลองเคมีแบบสืบเสาะเรื่องการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสำหรับปฏิกิริยาที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของปฏิกิริยาอื่น ๆ โดยผู้เขียนมีคำถามในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ (1) นักเรียนที่ได้เรียนด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้นจะมีความเข้าใจแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นอย่างไร (2) มีการเปลี่ยนแปลงร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจแนวคิดระดับต่าง ๆ จากก่อนเรียนไปหลังเรียนอย่างไรบ้าง และ (3) นักเรียนมีเจตคติและประสบการณ์ต่อการเรียนวิชาเคมีก่อนและหลังการเรียนด้วยกิจกรรมการทดลองเคมีแบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้นอย่างไรบ้าง

ระเบียบวิธีวิจัย

แบบแผนการวิจัย การวิจัยในครั้งนี้มีแบบแผนเป็นแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) โดยมีกลุ่มเดียวและมีการทดสอบก่อนเรียนเรียน และหลังเรียน (One groups pretest-posttest design) โดยมีการเลือกกลุ่มทดลองแบบเจาะจง (purposive selection) รายละเอียดแบบแผนการวิจัยมีดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้อง รวม 30 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-

คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ทั้งหมด 6 ห้อง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งเป็นห้องเรียนที่ผู้ช่วยวิจัยรับผิดชอบสอน



รูปที่ 1 การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มี CO_2 เป็นผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแทนที่น้ำ

เครื่องมือทดลอง เครื่องมือทดลองสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ การทดลองเคมีแบบสืบเสาะ เรื่อง การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีแก๊ส CO_2 เป็นผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแทนที่น้ำ ซึ่งประกอบด้วย 4 การทดลอง ได้แก่ (1) การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง NaHCO_3 กับ HCl (2) ผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง NaHCO_3 กับ HCl (3) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง NaHCO_3 กับ HCl , CH_3COOH และ H_2SO_4 และ (4) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง HCl กับ NaHCO_3 , Na_2CO_3 และ CaCO_3 การทดลองละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 8 ชั่วโมง ชุดอุปกรณ์การทดลองแสดงในรูปที่ 1

นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจะได้เรียนด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ 5 ชั้น (5E inquiry) ตามที่ Bybee et al., (2006) ได้เสนอไว้โดยเริ่มต้นจากการสร้างความสนใจเข้าสู่คำถามสำคัญของการทดลอง (engagement) เช่น “ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก สามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้หรือไม่ และวัดอย่างไร” แล้วทำการสำรวจโดยลงมือทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ (exploration) จากนั้น นักเรียนสร้างคำอธิบายจากผลการทดลอง (explanation) มีการขยายความรู้และเชื่อมโยงความรู้ไปยังหลักการหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องโดยอาจจะมีการนำการเปรียบเทียบหรืออุปมาที่เกี่ยวข้องมาประกอบการสอนในขั้นนี้ (elaboration) โดยครูใช้คำถามเช่น “ถ้านำสารในธรรมชาติที่มีสารประกอบคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ เช่น เปลือกหอย เปลือกปู และเปลือกไข่ มาทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ที่มีความเข้มข้นและปริมาตรเท่ากัน) จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น” และมีการประเมินการเรียนรู้จากทุกขั้นตอนของการทำกิจกรรมตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นสุดท้าย (evaluation) ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรมและเป็นผู้คอยควบคุมให้กิจกรรมดำเนินไปตามแผนที่วางไว้ และมีผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยสังเกตกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5E inquiry	ตัวอย่างคำถาม/กิจกรรม
Engagement การสร้างความสนใจเข้าสู่คำถาม สำคัญของการทดลอง	1. ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก สามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้หรือไม่ และวัดอย่างไร 2. ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดไฮโดรคลอริกกับโซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนตได้ จะมีอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
Exploration การสำรวจโดยลงมือทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบ	นักเรียนทำการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ 4 การทดลอง การทดลองละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 8 ชั่วโมง
Explanation นักเรียนสร้างคำอธิบายจากผลการ ทดลอง	นักเรียนบันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟ เช่น กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เวลากับปริมาตรของแก๊สผลิตภัณฑ์ แล้วเขียนสรุปผลการทดลองเป็นข้อ ๆ จากกราฟ
Elaboration ขยายความรู้และเชื่อมโยงความรู้ไป ยังหลักการหรือองค์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์หรือสถานการณ์ใหม่ที่ เกี่ยวข้องโดยอาจจะมีการนำการ เปรียบเทียบหรืออุปมาที่เกี่ยวข้องมา ประกอบการสอนในขั้นนี้	ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาผลการทดลอง โดยให้เปรียบเทียบผล การทดลองว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับ 1.สมมติฐาน 2.ทฤษฎีเคมี 3.ผลจาก กลุ่มอื่น ๆ และมีคำถามเชื่อมโยงความรู้ไปที่สถานการณ์ใหม่เช่น “ถ้านำ สารในธรรมชาติที่มีสารประกอบคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ เช่น เปลือก หอย เปลือกปู และเปลือกไข่ มาทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอ ริก (ที่มีความเข้มข้นและปริมาตรเท่ากัน) จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยา เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น”
Evaluation การประเมินการเรียนรู้จากทุก ขั้นตอนของการทำกิจกรรม	ก่อนการทดลองนักเรียนตั้งสมมติฐานการทดลอง ระหว่างทดลองครูใช้ คำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการสังเกตการทดลอง หลังการทดลองมีคำถามท้ายการทดลอง เช่น จงหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาใน ช่วงเวลาระหว่างนาที่ที่ 4-5 ของ Na_2CO_3 กับกรด HCl

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1) แบบวัดความเข้าใจโมเมนต์แบบวินิจฉัยสองลำดับขั้น จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วยหัวข้อย่อย (1) นิยาม
ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 6 ข้อ (2) พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา 5 ข้อ และ (3) ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตรา
การเกิดปฏิกิริยา 9 ข้อ โดยขั้นแรกเป็นการเลือกคำตอบที่ถูกต้อง มีค่า 1 คะแนน และขั้นที่สองเป็นการแสดงเหตุผลมี
ค่า 1 คะแนน รวมเป็น 2 คะแนน ทั้งนี้ ตัวอย่างของแบบวัดโมเมนต์และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบาย แสดงในรูปที่ 2

คำถาม: 20) ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารละลายกรดอะซิติก เกิดขึ้นตามสมการต่อไปนี้

$$\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{พลังงาน}$$

การเปลี่ยนแปลงใดที่จะมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าลดลงทั้ง 2 กรณี

☐ การเพิ่มความเข้มข้นของ $\text{HCl}(\text{aq})$ และการเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

☐ การลดความเข้มข้นของ $\text{HCl}(\text{aq})$ และการลดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

☒ การลดความเข้มข้นของ $\text{HCl}(\text{aq})$ และการเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

คำอธิบาย: เพราะ...การลดความเข้มข้นของ HCl เป็นการลดความเข้มข้นของสารตั้งต้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง และปฏิกิริยานี้เป็นแบบคายความร้อน การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง...

เกณฑ์การให้คะแนนเหตุผลหรือคำอธิบาย

รหัส	คะแนน	คำอธิบายกลุ่มคำตอบ (มโนมติ)
✓ S20A	+0.50	ระบุปฏิกิริยาคายพลังงาน
✗ M20A	0	ระบุปฏิกิริยาดูดพลังงาน
✓ S20B	+0.75	การลดอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดเร็วขึ้น (หรือการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดช้าลง) หรือการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดเร็วขึ้น (หรือการลดอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดช้าลง)
✗ M20B	0	การลดอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดช้าลง (หรือการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดเร็วขึ้น) หรือการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดช้าลง (หรือการลดอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดเร็วขึ้น)
✓ S20C	+0.75	การเพิ่มความเข้มข้นทำให้อัตราเร็วขึ้น หรือการลดความเข้มข้นทำให้อัตราช้าลง
✗ M20C	0	การเพิ่มความเข้มข้นทำให้อัตราช้าลง หรือการลดความเข้มข้นทำให้อัตราเร็วขึ้น

รูปที่ 2 ตัวอย่างแบบวัดความเข้าใจมโนมติ เฉลย และเกณฑ์การให้คะแนน โดยรหัส S และ M เป็นรหัสของมโนมติที่ถูกและผิด ตัวเลขแทนลำดับข้อ และ A, B และ C แทนลำดับมโนมติในข้อนั้น ๆ ในแบบวัด

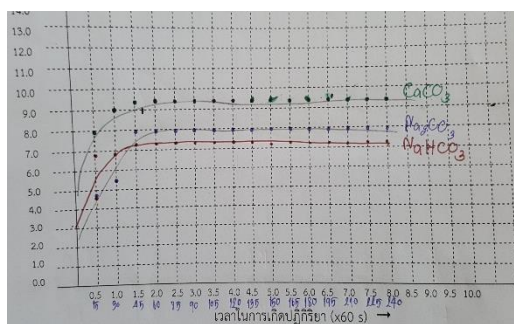
2) แบบสอบถามเจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมีก่อนและหลังเรียนด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ ทั้งนี้ แบบสอบถามนี้ได้แปลและปรับปรุงจาก Coll, Dalgety and Salter (2002) ซึ่งประกอบด้วยรายการคำถาม 18 รายการ จำแนกเป็นด้านกิจกรรม ครูผู้สอน และนักเรียน จำนวน 10, 3 และ 5 รายการ ตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนการเก็บข้อมูลมีดังนี้

1) นักเรียนกรอกแบบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย แล้วทำแบบวัดความเข้าใจมโนติก่อนเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกรอกแบบสอบถามเจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมีก่อนเรียน

2) นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน จำนวน 4 การทดลอง โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยมีการสังเกตบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ขณะทำกิจกรรม (รูปที่ 3)

3) นักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจมโนติหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกรอกแบบสอบถามเจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมีหลังเรียน



ก) การทดลองหาอัตรา ข) การอภิปรายผลกลุ่มย่อย ค) ตัวอย่างกราฟปริมาตรของ CO_2 กับเวลา

รูปที่ 3 นักเรียนทำการทดลองเคมีแบบย่อส่วนต้นทุนต่ำ เรื่อง สมดุลเคมี

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งด้านคุณภาพและเชิงสถิติ ดังนี้

1) ผู้วิจัยได้จำแนกความเข้าใจโน้มนคติของนักเรียนโดยพิจารณาคำตอบทั้งในส่วนของการเลือกและเหตุผลตามเกณฑ์ที่ปรับปรุงจาก ศักดิ์ศรี สุภาพร และคณะ (2559) และจาก Çalik, Ayas and Coll (2009) ดังในตารางที่ 2 ตารางที่ 2 แนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจโน้มนคติของนักเรียนจากแบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์

กลุ่มความเข้าใจโน้มนคติ	การพิจารณาคำตอบในแต่ละส่วน	
	ตัวเลือก	เหตุผล*
กลุ่มความเข้าใจโน้มนคติถูกต้องสมบูรณ์ (Sound Conceptual Understanding: SU)	ถูกต้อง	ถูกต้องสมบูรณ์ (มี S ครบ)
กลุ่มความเข้าใจโน้มนคติถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Conceptual Understanding: PU)	ถูกต้อง	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และไม่มีส่วนผิด (มี S ไม่ครบ แต่ไม่มี M)
กลุ่มความเข้าใจโน้มนคติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (Partial with Mis-Conceptual Understanding: PMU)	ถูกต้อง	ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (มีทั้ง S และ M)
	ผิด	ถูกต้องอย่างสมบูรณ์ (มี S ครบ)
	ผิด	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (มี S ไม่ครบ แต่ไม่มี M)
กลุ่มความเข้าใจโน้มนคติผิด (Mis-Conceptual Understanding: MU)	ผิด	ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (มีทั้ง S และ M)
	ผิด	ไม่ถูกต้อง แต่ยังเกี่ยวข้องกับโจทย์ (มี M ไม่มี S)
กลุ่มไม่มีความเข้าใจโน้มนคติ (No Conceptual Understanding: NU)	ผิด	ไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์/ไม่แสดงเหตุผล (ไม่มีทั้ง S และ M)

*S และ M แทนรหัสของมโนคติที่ถูกต้องและผิด (ดูเกณฑ์การให้คะแนนเหตุผลหรือคำอธิบายในรูปที่ 2 ประกอบ)

2) วิเคราะห์คะแนนความเข้าใจโน้มนคติจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (dependent

samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังมีการคำนวณความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งในกรณีที่เป็นร้อยละความก้าวหน้าจริง (% actual gain) และในกรณีที่เป็นการคำนวณความก้าวหน้าแบบปกติ (normalized gain: <g>)

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ (1) คะแนนความเข้าใจโน้มนำก่อนเรียนและหลังเรียน (2) กลุ่มความเข้าใจโน้มนำก่อนเรียนและหลังเรียน และ (3) เจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมี ดังนี้

คะแนนความเข้าใจโน้มนำ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความเข้าใจโน้มนำ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนดังตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้มนำก่อนเรียนโดยรวมเป็นร้อยละ 26.41 (mean 10.57 และ S.D. 3.18) จำแนกเป็นคะแนนส่วนของตัวเลือกร้อยละ 35.17 (mean 7.03 และ S.D. 2.17) และส่วนของการแสดงเหตุผลร้อยละ 17.66 (mean 3.53 และ S.D. 1.33) จะเห็นได้ว่านักเรียนมีคะแนนก่อนเรียนในส่วนของการแสดงเหตุผลสูงกว่าส่วนของการแสดงเหตุผลมากกว่าสองเท่า อย่างไรก็ตาม หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะพบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้มนำหลังเรียนโดยรวมเป็นร้อยละ 70.80 (mean 28.30 และ S.D. 2.82) จำแนกเป็นคะแนนส่วนของตัวเลือกร้อยละ 77.67 (mean 15.53 และ S.D. 1.48) และส่วนของการแสดงเหตุผลร้อยละ 63.93 (mean 12.79 และ S.D. 1.56) จะเห็นได้ว่านักเรียนยังมีคะแนนหลังเรียนในส่วนของการแสดงเหตุผลสูงกว่าส่วนของการแสดงเหตุผล แต่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมากกว่าคะแนนก่อนเรียน

ตารางที่ 3 คะแนนจากแบบวัดความเข้าใจโน้มนำวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (n = 30)

อัตราการเกิดปฏิกิริยา (เต็ม)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ความก้าวหน้า			T (T-test ก่อน-หลัง)
	mean	S.D.	%	mean	S.D.	%	%	<g>	ความหมาย	
1) นิยาม (12)	4.43	2.19	36.89	9.07	1.43	75.56	38.67	0.61	ปานกลาง	7.96 ^D
- ตัวเลือก (6)	2.60	1.40	43.33	4.93	0.69	82.22	38.89	0.69	ปานกลาง	9.06 ^D
- เหตุผล (6)	1.83	0.99	30.44	4.13	0.85	68.89	38.44	0.55	ปานกลาง	9.37 ^D
2) พลังงาน (10)	2.07	1.82	20.73	6.53	1.58	65.27	44.53	0.56	ปานกลาง	6.89 ^D
- ตัวเลือก (5)	1.47	1.46	29.33	3.67	0.92	73.33	44.00	0.62	ปานกลาง	13.52 ^D
- เหตุผล (5)	0.61	0.45	12.13	2.86	0.75	57.20	45.07	0.51	ปานกลาง	10.19 ^D
3) ปัจจัยที่ส่งผล (18)	4.07	1.37	22.58	12.73	1.57	70.70	48.12	0.62	ปานกลาง	13.17 ^D
- ตัวเลือก (9)	2.97	1.25	32.96	6.93	0.94	77.04	44.07	0.66	ปานกลาง	26.76 ^D
- เหตุผล (9)	1.10	0.34	12.20	5.79	0.91	64.37	52.17	0.59	ปานกลาง	21.43 ^D
4) รวม (40)	10.57	3.18	26.41	28.32	2.82	70.80	44.39	0.60	ปานกลาง	18.02 ^D
- ตัวเลือก (20)	7.03	2.17	35.17	15.53	1.48	77.67	42.50	0.66	ปานกลาง	24.25 ^D
- เหตุผล (20)	3.53	1.33	17.66	12.79	1.56	63.93	46.28	0.56	ปานกลาง	23.90 ^D

^D และ ^E แทน 'แตกต่าง' และ 'ไม่แตกต่าง' อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียน พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (% actual gain) โดยรวมเป็นร้อยละ 44.39 จำแนกเป็นส่วนของตัวเลือกร้อยละ 42.50 และส่วนของการแสดงผลร้อยละ 46.28 ในกรณีที่พิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ (normalized learning gain) หรือค่า $\langle g \rangle$ พบว่า นักเรียนมีค่า $\langle g \rangle$ โดยรวมเป็น 0.60 จำแนกเป็นค่า $\langle g \rangle$ ส่วนของตัวเลือก 0.66 และค่า $\langle g \rangle$ ส่วนของการแสดงผล 0.56 ซึ่งจัดอยู่ใน “ความก้าวหน้าปานกลาง” ทั้งสามกรณี โดยมีร้อยละของความก้าวหน้าทางการเรียนจริงในส่วนของการแสดงผลสูงกว่าส่วนของตัวเลือกเล็กน้อย โดยมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติในส่วนของการแสดงผลสูงกว่าส่วนของตัวเลือกเล็กน้อย จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ค่า T ของคะแนนเฉลี่ยมโนมติโดยรวม มโนมติส่วนของตัวเลือก และมโนมติส่วนของการแสดงผล มีค่าเป็น 18.02 24.25 และ 23.90 ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสามกรณี และเมื่อจำแนก มโนมติอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีออกเป็น 3 มโนมิตี้อยู่ ได้แก่ (1) นิยามของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา และ (3) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จะพบว่า นักเรียนมีร้อยละคะแนนก่อนเรียนสูงที่สุดในมโนตินิยามของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 36.89) และต่ำที่สุดในมโนติพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา (ร้อยละ 20.73) ทั้งนี้ นักเรียนมีร้อยละของคะแนนก่อนเรียนมโนติในส่วนตัวเลือกสูงกว่ามโนติในส่วนของการผลมากกว่าสองเท่าในมโนติพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตาม หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ พบว่า นักเรียนยังคงมีร้อยละของคะแนนหลังเรียนสูงที่สุดในมโนตินิยามของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 75.56) ส่วนพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเป็นมโนติที่มีร้อยละของคะแนนหลังเรียนต่ำที่สุด (ร้อยละ 65.27) ทั้งนี้ นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนมโนติในส่วนตัวเลือกใกล้เคียงกับมโนติในส่วนของการผลมากขึ้นทั้งสามมโนติ้อยู่ จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกมโนติ้อยู่ โดยมีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (% actual gain) ของแต่ละหัวข้อ เป็น 38.67 44.53 และ 48.12 ตามลำดับ และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ หรือ $\langle g \rangle$ เป็น 0.61 0.56 และ 0.62 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ใน “ความก้าวหน้าปานกลาง” ทุกมโนติ้อยู่ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นมโนติที่นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนจริงและความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติสูงที่สุด ส่วนพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเป็นมโนติที่นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติต่ำที่สุด

กลุ่มความเข้าใจมโนติจากแบบวัดความเข้าใจมโนติ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากการจัดกลุ่มนักเรียนโดยอาศัยคำตอบแบบวัดความเข้าใจมโนติในส่วนของการเลือกและเหตุผลเป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มความเข้าใจมโนติต่าง ๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมตี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ($n = 30$)

มโนมตีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	มโนมตีก่อนเรียน (ร้อยละ)					มโนมตีหลังเรียน (ร้อยละ)					การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)*		
	SU	PU	PMU	MU	NU	SU	PU	PMU	MU	NU	SU+PU	PMU	MU+NU
1) นิยาม	6.67	25.00	22.22	7.78	38.33	33.89	29.44	25.00	3.89	7.78	31.66	2.78	-34.44
2) พลังงาน	0.00	9.33	21.33	6.00	63.33	30.00	36.67	13.33	7.33	12.67	57.34	-8.00	-49.33
3) ปัจจัยที่มีผล	0.00	4.81	30.37	10.74	54.07	35.93	21.11	21.85	10.00	11.11	52.23	-8.52	-43.7
รวม	2.00	12.00	25.67	8.67	51.67	33.83	27.50	20.67	7.50	10.50	47.33	-5.00	-42.34

* เครื่องหมาย + และ - แสดงถึง การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า ก่อนเรียนมีร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโนมตีถูกต้องสมบูรณ์ (SU) ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) ผิดหรือคลาดเคลื่อน (MU) และไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU) เป็น 2.00 12.00 25.67 8.67 และ 51.67 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU) เมื่อพิจารณาความเข้าใจโนมตีหลังเรียน พบว่า หลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มเป็น 33.83 27.50 20.67 7.50 และ 10.50 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มความเข้าใจโนมตีถูกต้องสมบูรณ์ (SU) และกลุ่มความเข้าใจโนมตีถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) ทั้งนี้ หลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มที่มีมโนมตีถูกต้องสมบูรณ์ (SU) และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) เพิ่มขึ้น 31.83 และ 15.50 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมตีถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) กลุ่มมโนมตีผิดหรือคลาดเคลื่อน (MU) และกลุ่มไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU) ลดลง 5.00 1.17 และ 41.17 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโนมตีถูกต้องสมบูรณ์ และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เพิ่มขึ้น 47.33 ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมตีผิดและไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU+MU) ลดลง 42.34

เมื่อพิจารณาจำแนกร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมตีย่อยก่อนเรียน (ตารางที่ 4) พบว่า ร้อยละของนักเรียนในกลุ่มไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU) จากมากที่สุดไปน้อยที่สุดเป็นมโนมตีพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา (ร้อยละ 63.33) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 54.07) และนิยามของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 38.33) ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมตีย่อยหลังเรียน พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมตีต่างๆ เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น โดยหลังเรียนมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU) ลดลงเป็นอย่างมากในทุกมโนมตีย่อย และมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมโนมตีถูกต้อง (SU) และกลุ่มถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) เพิ่มขึ้นในทุกหัวข้อ นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าทุกมโนมตีย่อยยังมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมตีถูกต้อง (SU) สูงกว่าในกลุ่มความเข้าใจโนมตีถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) สูงกว่ากลุ่มความเข้าใจโนมตีผิด (MU) และสูงกว่ากลุ่มไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU) แต่ในทุกมโนมตีย่อยยังคงมีร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมตีถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU) อยู่พอสมควร (ร้อยละ 13.33 – 25.00) อย่างไรก็ตาม ผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโนมตีถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) มีค่าสูงกว่าผลรวมร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมตีผิดและไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU+MU) มากกว่าสามเท่าในทุกมโนมตีย่อยอีก

ด้วย โดยทุกมโนมิตย้อยมีผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมิตีถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) สูงกว่าร้อยละ 60 และมีผลรวมร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมิตีผิดและไม่มีความเข้าใจมโนมิตี (NU+MU) ต่ำกว่าร้อยละ 20 แสดงให้เห็นว่า การทดลองเคมีแบบสืบเสาะในการวิจัยครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมโนมิตีของนักเรียน และสนับสนุนให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมิตีจากผิดหรือคลาดเคลื่อนไปทิศทางที่ถูกต้องมากขึ้น

เจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมี

จากการสำรวจเจตคติและประสบการณ์ในการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดย 5 หมายถึง พึงพอใจอย่างยิ่ง และ 1 หมายถึง ไม่พึงพอใจอย่างยิ่ง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการสำรวจเจตคติและประสบการณ์ในการเรียนด้วยการทดลองเคมี (n = 30)

เรื่อง	ก่อนเรียน			หลังเรียน			T (T-test)
	mean	S.D.	ระดับ	mean	S.D.	ระดับ	
ก) ด้านกิจกรรมการทดลอง	4.08	0.33	พึงพอใจ	4.31	0.30	พึงพอใจ	2.90 ^D
ข) ด้านครูเคมีที่สอนในครั้งนี้	4.08	0.37	พึงพอใจ	4.50	0.42	พึงพอใจ	4.76 ^D
ค) ด้านนักเรียน	4.07	0.46	พึงพอใจ	4.30	0.45	พึงพอใจ	1.85 ^E
รวม	4.07	0.28	พึงพอใจ	4.33	0.31	พึงพอใจ	3.32 ^D

^D และ ^E แทน ‘แตกต่าง’ และ ‘ไม่แตกต่าง’ อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีเจตคติและประสบการณ์ในการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ย 4.07 (S.D. 0.28) ซึ่งอยู่ในระดับ “พึงพอใจ” โดยมีความพึงพอใจทุกด้านใกล้เคียงกัน หลังเรียนด้วยชุดการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ พบว่า นักเรียนมีเจตคติและประสบการณ์ในการเรียนวิชาเคมีเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่เฉลี่ย 4.33 (S.D. 0.31) ซึ่งอยู่ในระดับ “พึงพอใจ” โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านครูเคมีที่สอนในครั้งนี้ จากการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า นักเรียนมีเจตคติและประสบการณ์ในการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในด้านการทดลอง ด้านครูเคมีที่สอนในครั้งนี้ และภาพรวม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านนักเรียน แสดงว่าการทดลองเคมีแบบสืบเสาะนี้สามารถทำให้นักเรียนมีเจตคติและประสบการณ์ในการเรียนวิชาเคมีไปในทางบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยด้านคะแนนความเข้าใจมโนมิตีของนักเรียนที่เรียนด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมิตีหลังเรียนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนในทุกมโนมิตีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ (วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาพร, 2556; จินดา พราหมณ์ชู และคณะ, 2553) ที่อธิบายไว้ว่า กิจกรรมการทดลองสืบเสาะเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถพัฒนาความ

เข้าใจโน้มนำและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เพราะการจัดกิจกรรมในครั้งนี้ได้เน้นทักษะการคิดและทักษะความรู้ในขั้นสูง ทำให้เป็นส่วนหนึ่งสนับสนุนในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิชานั้น ๆ ได้ และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลของการทดลองที่ได้แล้วนำมาเปรียบเทียบและเชื่อมโยงเข้ากับหลักการที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาอธิบายและเป็นคำตอบของคำถามที่ตั้งไว้ในตอนต้น นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นเพราะได้ลงมือปฏิบัติจริงเรียนรู้กระบวนการทำงานกลุ่ม รู้จักช่วยเหลือซึ่งกันและกันมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมตลอดจนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่อธิบายไว้ว่า กิจกรรมการทดลองหรือกิจกรรมใด ๆ ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน จะมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจและจดจำสิ่งที่สังเกตได้ดี และนำมาสู่การสร้างคำอธิบายและขยายความรู้จนกระทั่งเกิดเป็นความเข้าใจโน้มนำที่คงทนมากขึ้นนั่นเอง (Supasorn and Promarak, 2015)

การที่นักเรียนมีคะแนนในส่วนของการเลือกสูงกว่าส่วนของเหตุผลประมาณร้อยละ 13 หรือประมาณ 1.21 – 1.24 เท่า หรือมีความก้าวหน้าแบบปกติของตัวเลือกสูงกว่าเหตุผลเล็กน้อย แต่ก็ยังอยู่ในระดับปานกลางเท่ากัน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับแบบวัดที่ต้องเขียนแสดงเหตุผลหรือวาดภาพประกอบ และนักเรียนหลายคนยังไม่สามารถแสดงเหตุผลที่ตรงกับตัวเลือกเท่าใดนัก ส่งผลให้คะแนนในส่วนของการแสดงเหตุผลต่ำกว่าส่วนของตัวเลือก อย่างไรก็ตาม การฝึกฝนและประสบการณ์เกี่ยวกับการทำแบบวัดแบบวินิจัยสองลำดับขั้นอาจจะช่วยให้นักเรียนสามารถทักษะเหล่านี้ได้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาเฉพาะความก้าวหน้าทางการเรียนในส่วนเหตุผล พบว่าเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงกว่าเรื่องอื่น ๆ อาจเพราะใบกิจกรรมการทดลองเคมีย่อยส่วนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ผู้วิจัยออกแบบมานั้น ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงเหตุผลไม่จำเป็นเป็นส่วนสมมติฐานการทดลอง ได้เสนอแนะให้นักเรียนให้เดาคำตอบพร้อมให้เหตุผลประกอบ มีคำถามก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดที่นักเรียนได้ฝึกเขียนแสดงเหตุผลทั้ง 4 การทดลองทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุดในเนื้อหาเรื่องนี้

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโน้มนำก่อนเรียนเป็นกลุ่มความเข้าใจโน้มนำหลังเรียน พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่น่าพอใจ กล่าวคือ มีการเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มมโนมิติที่ผิดและไม่มโนมิติ (MU+NU) มาเป็นกลุ่มมโนมิติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) มากขึ้น ทั้งนี้ ก่อนเรียนนักเรียนทั้งสองกลุ่มอยู่ในกลุ่มมโนมิติที่ผิดและไม่มโนมิติ (MU+NU) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60.34) และหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนแปลงมาอยู่ที่กลุ่มมโนมิติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) มากขึ้น (ร้อยละ 61.33) หรืออาจจะกล่าวได้ว่า นักเรียนในกลุ่มมโนมิติที่ผิดและไม่มโนมิติ (MU+NU) มีจำนวนลดลงไปมากกว่าร้อยละ 42.34 และมีนักเรียนกลุ่มมโนมิติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และถูกต้องสมบูรณ์ (PU+SU) เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 47.33 อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าทั้งยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจโน้มนำต่ำ (PMU+MU+NU) อยู่เป็นจำนวนมากพอสมควร (ร้อยละ 38.67) โดยมโนมิติที่มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มความเข้าใจโน้มนำต่ำ (PMU+MU+NU) มากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 42.96) ในขณะที่มโนมิติที่มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มความเข้าใจโน้มนำสูง (PU+SU) มากที่สุด ได้แก่ พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา (ร้อยละ 66.67) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากมโนมิติปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นเรื่องที่มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายอย่าง เช่น ชนิดของปฏิกิริยา ธรรมชาติของสาร อุณหภูมิ และความเข้มข้น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม

ก็ตาม การที่นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจโนมตีได้เท่าที่ควร ส่วนใหญ่สอดคล้องกับความเข้าใจโนมตีที่ ยาวเรศ ใจเย็น และคณะ (2550) ได้รายงานเอาไว้ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงมโนมตีก็เป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียนบางส่วน แม้จะได้เรียนและทำกิจกรรมการทดลองผ่านไปแล้ว แต่นักเรียนก็ยังมีแนวโน้มในการเก็บมโนมตีที่คลาดเคลื่อนได้เสมอ (Mulford & Robinson, 2002)

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำไปจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีร้อยละของคะแนนในกรณีของคะแนนรวม ตัวเลือก และเหตุผล สำหรับก่อนเรียนเป็น 26.41 35.17 และ 17.66 และสำหรับหลังเรียนเป็น 60.64 67.16 และ 54.11 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่านักเรียนยังมีคะแนนหลังเรียนในส่วนของตัวเลือกสูงกว่าส่วนของการแสดงเหตุผล แต่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมากกว่าคะแนนก่อนเรียน เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าแบบปกติ หรือค่า g พบว่า นักเรียนมีค่า g โดยรวม ตัวเลือก และการแสดงเหตุผลเป็น 0.60 0.66 และ 0.56 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ใน “ความก้าวหน้าปานกลาง” ทั้งสามกรณี โดยมีความก้าวหน้าทางการเรียนในส่วนของตัวเลือกสูงกว่าส่วนของเหตุผลเล็กน้อย ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจโนมตีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแต่ไม่แตกต่างจากคะแนนความคงทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสามกรณี แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองนี้สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจโนมตีเพิ่มขึ้นและมีความคงทนของมโนมตีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมตีต่าง ๆ พบว่า ก่อนเรียนด้วยการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU) เมื่อพิจารณาความเข้าใจโนมตีหลังเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มความเข้าใจโนมตีถูกต้องสมบูรณ์ (SU) และกลุ่มความเข้าใจโนมตีถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU) โดยผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโนมตีถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เพิ่มขึ้น 47.33 ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจโนมตีผิดและไม่มีความเข้าใจโนมตี (NU+MU) ลดลง 42.34

การวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ได้แก่ (1) การใช้การเปรียบเทียบหรือการอุปมาประกอบการสอนจะต้องระมัดระวังการนำไปสู่ความเข้าใจโนมตีที่คลาดเคลื่อน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้เขียนได้ตระหนักถึงความสำคัญในข้อนี้ แต่อาจจะยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังคงมีความเข้าใจโนมตีที่คลาดเคลื่อน ดังนั้น การเลือกใช้การอุปมาที่เหมาะสมและเห็นภาพชัดเจนจะทำให้การใช้การเปรียบเทียบนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น (วิทยา ภาชื่น และไพศาล สุวรรณน้อย, 2553; Hompromma and Suwannoi, 2010) และ (2) กิจกรรมการทดลองเคมีต้องเป็นกิจกรรมที่สามารถเป็นตัวแทนการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในลักษณะอื่นได้และต้องมีความปลอดภัยและใช้สารเคมีที่หาง่ายและไม่แพง เพื่อให้ครูสามารถจัดหาสารเคมีและอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการทั่วไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง "การพัฒนาการทดลองเคมีแบบสืบเสาะเพื่อสนับสนุนความเข้าใจโมเดลและการปรับแก้โมเดลสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย" นี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณตลอดโครงการจากทุนวิจัยมุ่งเป้า กลุ่มเรื่องการศึกษาและสร้างสรรค์การเรียนรู้ โดยสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับเครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (คอบช.) ประจำปีงบประมาณ 2559 ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คอบช. ที่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- จินดา พรหมณัฐ, เอกรัตน์ ศรีตัญญู และลัดดา มีศุข. (2553). การพัฒนาความเข้าใจเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารวิจัย มช.*, 15(4), 317-330.
- เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณศรีสง และนฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารสงขลานครินทร์ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 13(4), 541-553.
- วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาสร. (2556). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 24(1), 29-52.
- วิทยา ภาชื่น และไพศาล สุวรรณน้อย. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงในโมเดล เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 4(พิเศษ), 1-9.
- ศักดิ์ศรี สุภาสร, นุจรี สุภาสร, วรณวไล อธิวาสพงษ์ และสนธิ พลชัยยา. (2559). การพัฒนาความเข้าใจโมเดล เรื่องสารละลาย ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(1), 28-47.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. Colorado Springs: BSCS.
- Çalik, M., Ayas, A., & Coll, R.K. (2009). Investigating the effectiveness of an analogy activity in improving students' conceptual change for solution chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(4), 651-676.
- Coll, R.K., Dalgety, J., & Salter, D. (2002). The development of the chemistry attitudes and experiences questionnaire (CAEQ). *Chemistry Education Research and Practice*, 3(1), 19-32.
- Chairam, S., Somsook, E., & Coll, R. E. (2009). Enhancing Thai students' learning of chemical kinetics. *Research in Science and Technological Education*, 27(1), 95-115.

- Hompromma, A., & Suwannoi, P. (2010). Grade 10 Thai students' analogy for explaining rate of reaction. *Proceeding from the 41st Australasian Science Education Research Association* (pp 40-45). New South Wales, Australia: Dave Palmer.
- Justi, R. (2003). Teaching and Learning Chemical Kinetics. In John, K. Gilbert, Onno De Jong, Rosária J., David, F. T., & Jan H. Van Driel (Series Ed.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 293-315). Netherlands: Springer.
- Mulford, D.R., & Robinson, W.R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 739-744.
- Supasorn, S., & Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 121-132.

ประวัติผู้เขียนบทความ



ดร.สุภาพ ตาเมือง จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาเคมี จากมหาวิทยาลัยเบอร์มิงแฮม ประเทศสหราชอาณาจักร ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มีความเชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์ การเร่งปฏิกิริยา และการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์



ผศ.ดร.กานต์ตะวันรัตน์ วุฒิสเลา จบการศึกษาระดับปริญญาเอก จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มีความเชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการศึกษา การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และ Active Learning



ผศ.ดร.ศักดิ์ศรี สุภาสร จบการศึกษาระดับปริญญาเอก จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และประธานหลักสูตร ระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มีความเชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการศึกษา การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การสร้างชุดการทดลองย่อส่วนวิชาเคมี การเรียนรู้ระดับอนุภาค และการใช้สื่อมัลติมีเดียในการจัดการเรียนการสอน