

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้ แผนผังตัวยูในอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อโณทัย ดาทอง¹ ปุริม จารุจรัส² สุภาพ ตาเมือง²
มะลิวรรณ อมตธงไชย² และเสนอ ชัยรัมย์^{2*}

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา และ ²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วารินชำราบ อุบลราชธานี 34190

*E-mail: sanoe.c@ubu.ac.th

รับบทความ: 6 เมษายน 2558 ยอมรับตีพิมพ์: 24 พฤษภาคม 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แผนผังตัวยูในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี บนพื้นฐานการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 12 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตั้งแต่ต้นจนจบด้วยนวัตกรรมของครูซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนेटจากเปลือกกับกรดชนิดต่าง ๆ เครื่องมือวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตอบแบบ 3 ชั้น (ปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก อธิบายเหตุผลประกอบตัวเลือกและระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก) แผนผังตัวยู (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) และแบบสอบถาม (ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตอบแบบ 3 ชั้น นักเรียนมีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากแผนผังตัวยู นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่น่าพอใจ นอกจากนี้ นักเรียนยังมีความสนุกสนานที่ได้เรียนรู้สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ลงมือทำในห้องปฏิบัติการ งานวิจัยนี้บ่งชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางผนวกการใช้แผนผังตัวยูเป็นกลวิธีการสอนหนึ่งที่สามารถใช้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนบนพื้นฐานการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางในห้องเรียนวิชาเคมีได้

คำสำคัญ: ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แผนผังตัวยู การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

Enhancing Students' Science Process Skills Using U–Diagram in Chemical Kinetics

Anotai Dathong¹, Purim Jarujamrus², Suparb Tamuang²,
Maliwan Amatatongchai² and Sanoe Chairam^{2*}

¹Program in Science Education, and ²Department of Chemistry, Faculty of Science,
Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

*E-mail: sanoe.c@ubu.ac.th

Abstract

This research aimed to enhance the grade–11 students' science process skills using a U–diagram in chemical kinetics based on the guided inquiry–based approach. The subjects in this research was 12 grade–11 students, who were studying in the second semester of academic year 2014, from a school in Muang, Surin. The one group pretest–posttest design was employed. In this study, enhancing students' science process skills through teacher innovation was based on the reaction between carbonate from shells and acids. The three–tier diagnostic test (TTDT) used as a science process skills test (multiple choices, explanation from the chosen choice and the confidence level for choice made), U–diagram (science process skills) and questionnaire (students' satisfaction to learning in the classroom) were applied as tools for collecting data in this study. The results showed that, from TTDT, students had the science process skills after learning more than before at a statistically significant level of .05. From U–diagram, most students gained the science process skills in a satisfactory level. Furthermore, they also enjoyed in learning what scientists do in the laboratories. This research indicates U–diagram is an instructional method, which can be used to enhance the students' science process skills based on the guided inquiry–based approach in chemistry classes.

Keywords: Science process skills, U–diagram, Guided inquiry–based approach,
Chemical kinetics

บทนำ

จุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ ต้องการมุ่งเน้นให้ผู้เรียน

สามารถเชื่อมโยงความรู้กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการค้นคว้าและการสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

มีส่วนร่วมในกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายและเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน วิทยาศาสตร์จึงเป็นวิชาที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551; National Research Council [NRC], 1996)

จลนพลศาสตร์เคมีหรืออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (chemical kinetics) เป็นหัวข้อหนึ่งในวิชาเคมีที่มีเนื้อหาค่อนข้างยากต่อครูในการสอนและต่อนักเรียนในการเรียนรู้ (Chairam et al., 2009; Justi, 2003; Justi and Gilbert, 1999; Kirik and Boz, 2012) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นการศึกษาเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไปตลอดจนเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนรู้เนื้อหาในระดับสูง เช่น เคมีนิวเคลียร์ เพราะฉะนั้น หากนักเรียนขาดความคิดรวบยอดที่ถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้เนื้อหาอื่น ๆ ในระดับที่สูงกว่าด้วย

เนื่องจากจลนพลศาสตร์เคมีเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างซับซ้อน (วิชัย ลathi, 2555) จึงทำให้มีงานวิจัยทางเคมีศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับชาติมีอยู่น้อย อรวรรณ หอมพรมมา (2553) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยการสอนแบบเปรียบเทียบ FAR Guide ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีเมโนมิติหลังเรียนสอดคล้องกับเมโนมิติวิทยาศาสตร์มากขึ้น นักเรียนสามารถอธิบายเมโนมิติเกี่ยวกับความเข้มข้น อุณหภูมิ พื้นที่ผิว ตัวเร่ง และตัวหน่วงปฏิกิริยาได้ ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2555) ศึกษา

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีคะแนนทักษะการคิดเชิงวิพากษ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 งานวิจัยทางเคมีศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้รับจากการเรียนรู้สิ่งที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวันและสร้างโมเดลความคิดด้วยตนเอง เปลี่ยนสิ่งที่เป็นามธรรมให้เข้าใจง่ายมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้นและสามารถคิดเปรียบเทียบ คิดวิเคราะห์ และคิดสังเคราะห์ได้

วิทยาศาสตร์จัดเป็นวิชาที่ต้องศึกษาด้วยการทดลองและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างมาก Brotherton and Preece (1995) จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ไว้ 13 ทักษะ แบ่งเป็นทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ และทักษะขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ทักษะดังกล่าวทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในขณะทีทดลอง ผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านปฏิบัติ พัฒนาความคิดไปพร้อมกันและนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการศึกษา ค้นคว้า และสืบเสาะหาความรู้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ

NRC (2000) ได้จำแนกระดับของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ (1) การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (confirmed inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิดเพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้วโดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและคำตอบ (2) การสืบเสาะหาความรู้แบบ

นำทาง (directed inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และสาริตหรืออธิบายการสำรวจตรวจสอบแล้วให้ผู้เรียนปฏิบัติตามการสำรวจตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนด (3) การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (guided inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาและครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติตามการสำรวจตรวจสอบ และ 4) การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (open inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิด กำหนดปัญหา ออกแบบ และปฏิบัติตามการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวถึงความสำคัญของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นทักษะกระบวนการที่จำเป็นต่อการศึกษาวិทยาศาสตร์ เพราะการศึกษาวิทยาศาสตร์ต้องศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพื่อหาข้อมูลความจริง แก้ปัญหา และพิสูจน์กฎเกณฑ์บางอย่าง นอกจากนี้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องมุ่งพัฒนาการสร้างความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ตลอดจนพัฒนาความคิดของนักเรียนด้วยการปฏิบัติกิจกรรมที่มีกลวิธีกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นหัวใจหลักที่สามารถพัฒนาความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งครูต้องจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของเนื้อหาและผู้เรียนควบคู่กันไปเพื่อให้ผู้เรียนรู้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 ที่ระบุว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความ

สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด”

งานวิจัยวิทยาศาสตร์ศึกษาทั้งในระดับนานาชาติและระดับชาติเป็นจำนวนมากที่บ่งชี้ไว้ว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาตนเองอย่างเต็มความสามารถ ตัวอย่างในระดับนานาชาติ Knaggs and Schneider (2012) ใช้แผนผังตัววี (Vee-map) ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อศึกษาความเข้าใจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดรวบยอด ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยการใช้แผนผังตัววี มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคะแนนความคิดรวบยอดสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนด้วยแผนผังตัววี ในทำนองเดียวกันในระดับชาติ พิสมัย พานโฮม (2551) ณัฐสุดา กล้าหาญ และเสนอ ชัยรัมย์ (2555) พบว่า เมื่อนักเรียนใช้แผนผังตัววี นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางเป็นวิธีการเรียนรู้หนึ่งที่ทำให้นักเรียนได้ลงมือกระทำกิจกรรมต่าง ๆ จนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การตั้งคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การวางแผนค้นหาคำตอบด้วยวิธีการทดลอง และการลงมือปฏิบัติจริงร่วมกัน ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากค้นหาคำตอบ และค้นหาด้วยการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อรวบรวมข้อมูลในการตอบสมมติฐานและสรุปผลเป็นรูปธรรมโดยการเขียนเป็นแผนผังรูปตัววี นักเรียนสามารถนำเสนอความรู้ความคิดจากการสืบค้นอย่างมีเหตุผลด้วยการอธิบายจากสิ่งที่สังเกตพบและสรุปเป็นหลักการ โดยมีครูช่วยแนะนำความรู้ทางวิทยา-

ศาสตร์ จึงเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน
ได้เป็นอย่างดี

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น แม้การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบ
สืบเสาะหาความรู้และการใช้แผนผังตัววีสามารถ
ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยา-
ศาสตร์ อย่างไรก็ตาม คำว่า “ตัววี (Vee)” ไม่ได้
สื่อให้นักเรียนได้เข้าใจความหมายเหมือนกับ
กลวิธีในการสอนอื่นที่ใช้การวิจัยทางวิทยาศาสตร์
ศึกษา (ณัฐสุตา กล้าหาญ, 2555) เช่น คำว่า “POE”
ซึ่งย่อมาจาก “Prediction–Observation–Explanation”
(White and Gunstone, 1992) ทำให้นักเรียนมี
ความเข้าใจดีที่กำลังทำกิจกรรม “การทำนาย–
การสังเกต–การอธิบาย” จากแนวความคิดและ
ปัญหาดังกล่าวและเพื่อต้องการสื่อให้นักเรียนได้
เข้าใจความหมายของสิ่งที่กำลังเรียนรู้มากขึ้นโดย
ยังคงแนวคิดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยา-
ศาสตร์ไว้เหมือนเดิม จึงดัดแปลงจากคำว่า “ตัววี
(Vee)” มาเป็น “ตัวยู (U)” ซึ่งย่อมาจาก Understanding
เพื่อสื่อความหมายชัดเจนมากกว่า Vee ในการ
พัฒนาความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยา-
ศาสตร์ เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็น
หัวข้อหนึ่งในเนื้อหาวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการ
ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นเปลี่ยนเป็น
สารผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งเป็นเนื้อหาใน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื้อหาของอัตราการ
เกิดปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่เป็นการทดลองมีตัว-
แปรที่มีผลต่ออัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีที่ให้ศึกษา
เป็นจำนวนมาก ได้แก่ ธรรมาติของสารตั้งต้น
ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวของสารตั้ง-
ต้น อุณหภูมิของปฏิกิริยา ตัวเร่ง และตัวหน่วง
ปฏิกิริยา ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงเป็น
หัวข้อหนึ่งที่น่าสนใจต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการ

การทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แผนผัง
ตัวยูเป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

จากแนวความคิดและสภาพปัญหาที่กล่าว
ข้างต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. สำรวจความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แผนผังตัวยูในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
3. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการใช้แผนผังรูปตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แผนผังตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางมีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนผังตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการใช้แผนผังรูปตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อยู่ในระดับมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (one-group pretest–posttest design) ดังนี้

$$O_1\text{-----} X\text{-----} O_2$$

เมื่อ O_1 : การทดสอบก่อนจัดการเรียนรู้

X: การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังตัวยู

O_2 : การทดสอบหลังจัดการเรียนรู้

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเภอเมืองจังหวัดสุรินทร์ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2557) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงจำนวนนักเรียน 12 คน ซึ่งมีผลการเรียนเฉลี่ยรายวิชาเคมีอยู่ในช่วง 1.50–4.00

เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วยแบบทดสอบสำรวจความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตอบแบบ 3 ชั้น (Three-tier diagnostic test, TTDT) แผนผังตัวยู (U-diagram) และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดนี้ได้มาจาก Burns et al. (1985) และ Özgelen (2012) ซึ่งใช้แบบทดสอบเป็นเครื่องมือในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานกรอบความคิดทางสติปัญญา ในงานวิจัยนี้จึงใช้แบบทดสอบนี้เพื่อสำรวจ

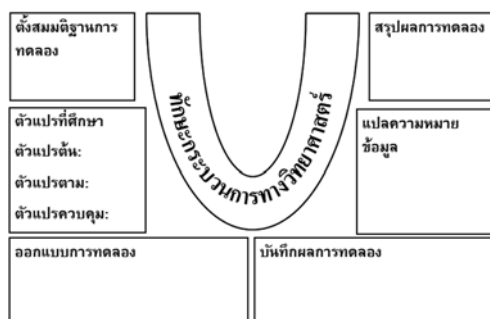
ความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เช่นกัน เพื่อสำรวจความมั่นใจของนักเรียนมากขึ้น แบบทดสอบจึงได้รับการออกแบบให้เลือกตอบแบบ 3 ชั้น อ้างอิงจาก Harika et al. (2012) ซึ่งมีลักษณะดังนี้ ขั้นที่ 1 First-tier เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ขั้นที่ 2 Second-tier อธิบายเหตุผลของคำตอบ และขั้นที่ 3 Third-tier แสดงระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก จำนวน 5 ระดับ ได้แก่ (1) คาดเดา (2) ไม่มั่นใจอย่างมาก (3) ไม่มั่นใจ (4) มั่นใจ และ (5) มั่นใจอย่างมาก (ภาพที่ 1) ในเบื้องต้นแบบทดสอบที่ใช้สำรวจความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีจำนวน 25 ข้อ แบบทดสอบนี้มีค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.63 ผ่านความเห็นชอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังทำวิจัยจำนวน 3 คน ข้อสอบแต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างคำถามกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.20–0.60 และมีค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ (r) ในช่วง 0.26–0.65 จากนั้นคัดเลือกแบบทดสอบให้เหลือเพียง 12 ข้อ แบบทดสอบมีลักษณะข้อคำถามที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ สมมติฐานการทดลองมี 3 ข้อ ตัวแปรที่ศึกษามี 2 ข้อ ออกแบบการทดลองมี 2 ข้อ บันทึกผลการทดลองมี 2 ข้อ แปลความหมายข้อมูลมี 2 ข้อ และสรุปผลการทดลองมี 1 ข้อ

2. แผนผังตัวยู (U-diagram) เป็นเครื่องมือที่ดัดแปลงมาจาก Knaggs and Schneider (2012) เพื่อใช้พัฒนาความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process understanding skills) ของนักเรียน โดยยังคงไว้ซึ่งทักษะกระ-

บวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (integrated process skill) จำนวน 6 ทักษะ ได้แก่ สมมติฐาน การทดลอง ตัวแปรที่ศึกษา ออกแบบการทดลอง บันทึกผลการทดลอง แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลอง (ภาพที่ 2)

ข้อ 01	ชาติชายต้องการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของผงกรดกับหินปูน จึงนำเปลือกหอยมาทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก แล้วทำการทดลองตามลำดับการทดลองในข้อใดแสดงถึงขั้นตอนการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ระดับความเชื่อมั่นประกอบด้วยเลือก
ก.	บดเปลือกหอยให้ละเอียดที่สุดแล้วจึงให้ได้ 1 กรัม	<input type="checkbox"/> 1) คาดเดา <input type="checkbox"/> 2) ไม่มีใจอย่างมาก <input type="checkbox"/> 3) ไม่มีใจ <input type="checkbox"/> 4) มีใจ <input type="checkbox"/> 5) มีใจอย่างมาก
ข.	ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 mol/dm ³ ลงในขวดรูปชมพู่	
ค.	นำเปลือกหอยบดละเอียดใส่ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก	
ง.	เขย่าเปลือกหอยให้สัมผัสกับสารละลายกรดและจับเวลาตลอดการเปลี่ยนแปลง	
	อธิบายเหตุผลของคำตอบ	

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบทดสอบที่ใช้สำรวจทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ตอบแบบ 3 ชั้น



ภาพที่ 2 แผนผังตัวชี้วัดที่ใช้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทบาทของครูผู้สอนกิจกรรมการทดลองตามแบบแผนผังตัวชี้วัดและกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสอบถามความพึงพอใจได้ดัดแปลงมาจาก Chai-ram et al. (2009) กมลนุช ไชยมีชชิม และเสนอชัยรัมย์ (2557) ใช้เกณฑ์ตามมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert scale) 5 ระดับได้แก่ 5 คือพึงพอใจมากที่สุด 4 คือพึงพอใจมาก 3 คือพึง-

พอใจปานกลาง 2 คือพึงพอใจน้อย และ 1 คือพึงพอใจน้อยที่สุด

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

1. สำรวจความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 12 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 30 นาที

2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นตอนที่ครูนำกิจกรรมการทดลองขนาดเล็กมาสาธิตให้นักเรียนดู เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาของการทดลอง เช่น การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย และนำนักเรียนเข้าสู่การทดลองในขั้นสำรวจและค้นหาต่อไป

2.2 ขั้นสำรวจและค้นหาเป็นขั้นตอนนักเรียนในกลุ่มดำเนินการทดลองด้วยตนเอง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตั้งแต่ต้นจนจบด้วยปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนเตตจากเปลือกกับกรดชนิดต่าง ๆ (ในกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน) จากนั้นนักเรียนสำรวจและค้นหาตามขั้นตอนของแผนผังตัวชี้วัด โดยครูเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวก

2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปนักเรียนบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและอภิปรายผลร่วมกันภายในกลุ่ม และให้นักเรียนเขียนลงในแผนผังตัวชี้วัด

2.4 ขั้นขยายความรู้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

นำเสนอผลงานของตนเองและอภิปรายผลงานของกลุ่มอื่น

2.5 ชั้นการประเมินผลครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองและข้อเสนอแนะในการทดลองครั้งต่อไป

3. สำรวจความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทดสอบหลังเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 12 ข้อ (ข้อสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน) และให้เวลานักเรียนในการทำข้อสอบหลังเรียน 30 นาที

4. สำรวจความพึงพอใจที่มีต่อบทบาทของครู การใช้แผนผังตัวยู และการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทางสถิติด้วยค่าที (t -test) และอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่รวบรวมมาข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนี้

1. เปรียบเทียบความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที (t -test) ข้อสอบแต่ละข้อคิดเป็น 2 คะแนน (ตอบตัวเลือก/เหตุผลถูก ให้อย่างละ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน) จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

สถิติที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (t -test for dependent samples)

2. วิเคราะห์ระดับความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนจากแบบทดสอบที่ตอบแบบ 3 ชั้น ดังนี้

ชั้นที่ 1 เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด โดยเลือกคำตอบถูก = correct และคำตอบผิด = incorrect

ชั้นที่ 2 อธิบายเหตุผลของคำตอบ โดยอธิบายถูก = correct และอธิบายผิด = incorrect

ชั้นที่ 3 (Third tier) แสดงระดับความเชื่อมั่นสำหรับตัวเลือก จำนวน 5 ระดับ ได้แก่ (1) คาดเดา (2) ไม่มั่นใจอย่างมาก (3) ไม่มั่นใจ (4) มั่นใจ และ (5) มั่นใจอย่างมาก โดยระดับ 1-3 คือ ไม่มั่นใจ (uncertain) และระดับ 4-5 คือ มั่นใจ (certain) จากนั้นจำแนกระดับความเข้าใจของนักเรียนโดยอ้างอิงจาก Harika et al. (2012) ดังนี้

CCC	ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลถูก มีความมั่นใจในคำตอบ
CIC	ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลผิด มีความมั่นใจในคำตอบ
ICC	ตอบตัวเลือกผิด ตอบเหตุผลถูก มีความมั่นใจในคำตอบ
IIC	ตอบตัวเลือกผิด ตอบเหตุผลผิด มีความมั่นใจในคำตอบ
CCU	ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลถูก ไม่มี ความมั่นใจในคำตอบ
CIU	ตอบตัวเลือกถูก ตอบเหตุผลผิด ไม่มี ความมั่นใจในคำตอบ
ICU	ตอบตัวเลือกผิด ตอบเหตุผลถูก ไม่มี ความมั่นใจในคำตอบ
IIU	ตอบตัวเลือกผิด ตอบเหตุผลผิด ไม่มี ความมั่นใจในคำตอบ

3. วิเคราะห์ความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากแผนผังตัวยู ซึ่งดัดแปลงจาก Knaggs and Schneider (2012) และจำแนกเกณฑ์รูบริก (rubic) ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 4 หมายถึง

ถึงมากที่สุด ระดับ 3 หมายถึง มาก ระดับ 2 หมายถึง พอใช้ และระดับ 1 หมายถึง ปรับปรุง (ตาราง 1) จากนั้นหาร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละทักษะ

ตาราง 1 เกณฑ์รูบริกที่ใช้การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากแผนผังตัวยู ซึ่งดัดแปลงมาจาก Knaggs and Schneider (2012)

ทักษะ	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
ตั้งสมมติฐาน	ตั้งสมมติฐานชัดเจน สอดคล้องกับเนื้อหา และสามารถตรวจสอบได้	ตั้งสมมติฐานไม่ชัดเจน แต่สอดคล้องกับเนื้อหา และสามารถตรวจสอบได้	ตั้งสมมติฐานไม่ชัดเจน ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา แต่สามารถตรวจสอบได้	ตั้งสมมติฐานไม่ชัดเจน ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา และไม่สามารถตรวจสอบได้
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องและสมบูรณ์	กำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ถูกต้องแต่ระบุตัวแปรควบคุมไม่สมบูรณ์	กำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ถูกต้อง แต่ระบุตัวแปรควบคุมไม่ถูกต้อง	กำหนดตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามอย่างใดอย่างหนึ่งได้ถูกต้อง
การออกแบบและวางแผนการทดลอง	ออกแบบและวางแผนการทดลองได้ถูกต้องและสมบูรณ์ เลือกใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้เหมาะสม	ออกแบบและวางแผนการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ เลือกใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้เหมาะสม	ออกแบบและวางแผนการทดลองไม่ถูกต้อง เลือกใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้เหมาะสม	ออกแบบและวางแผนการทดลองไม่ถูกต้อง และเลือกใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไม่เหมาะสม
การออกแบบตารางและบันทึกผลการทดลอง	ออกแบบตารางและบันทึกผลการทดลอง สอดคล้องกับการทดลองได้อย่างสมบูรณ์	ออกแบบตารางและบันทึกผลการทดลองได้สอดคล้องกับการทดลองแต่ไม่สมบูรณ์	ออกแบบตารางหรือบันทึกผลการทดลองไม่สอดคล้องกับการทดลองอย่างใดอย่างหนึ่ง	ออกแบบตารางและบันทึกผลการทดลองไม่สอดคล้องกับการทดลอง
การแปลความหมายข้อมูล	แปลความหมายข้อมูลหรือบรรยายลักษณะข้อมูลได้ถูกต้อง ครบถ้วนชัดเจนและรัดกุม	แปลความหมายข้อมูลหรือบรรยายลักษณะข้อมูลได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่ชัดเจนรัดกุม	แปลความหมายข้อมูลหรือบรรยายลักษณะข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน	แปลความหมายข้อมูลหรือบรรยายลักษณะข้อมูลไม่ถูกต้อง
การสรุปผลการทดลอง	ลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูลและครอบคลุมเนื้อหา	ลงข้อสรุปและอภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูล แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	ลงข้อสรุปหรืออภิปรายผลสอดคล้องกับข้อมูลแต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา	ลงข้อสรุปและอภิปรายผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลและไม่ครอบคลุมเนื้อหา

4. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แผนผังตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางทั้งหมด 20 ข้อ โดยการหาค่าความถี่แต่ละด้านของความพึงพอใจหลังจัดการเรียนรู้ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนในแต่ละด้านและแปลความหมายค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

- 4.51–5.00 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
- 3.51–4.50 มีความพึงพอใจในระดับมาก
- 2.51–3.50 มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
- 1.51–2.50 มีความพึงพอใจในระดับน้อย
- 1.00–1.50 มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสำรวจความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง อัตรากาการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 4.75 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 2.05 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 15.92 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.28 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบ 2 ครั้ง พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 11.17 (ตาราง 2)

ตาราง 2 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนเรื่อง อัตรากาการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คะแนน	N	คะแนนเต็ม	Min	Max	Mean	SD	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	t
ก่อนเรียน	12	24	2	8	4.75	2.50	11.17	10.35*
หลังเรียน	12	24	12	21	15.92	3.28		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p = .05$, $t_{11, .05} = 1.7959$

จากการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนผังตัวยู พบว่า แผนผังตัวยูช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้และทำในสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ทำในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเชื่อมโยงระหว่างความรู้จากทฤษฎีกับสิ่งที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติเข้าด้วยกัน ผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่า การใช้กิจกรรมที่สอดแทรกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฟิสสมัย พานโฮม (2551) Knaggs and Schneider (2012) และ ญัฐสุตา กล้าหาญ และ เสนอ ชัยรัมย์ (2555) ที่ได้รายงานไว้ว่า การใช้กลวิธีการสอนด้วยแผนผังเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

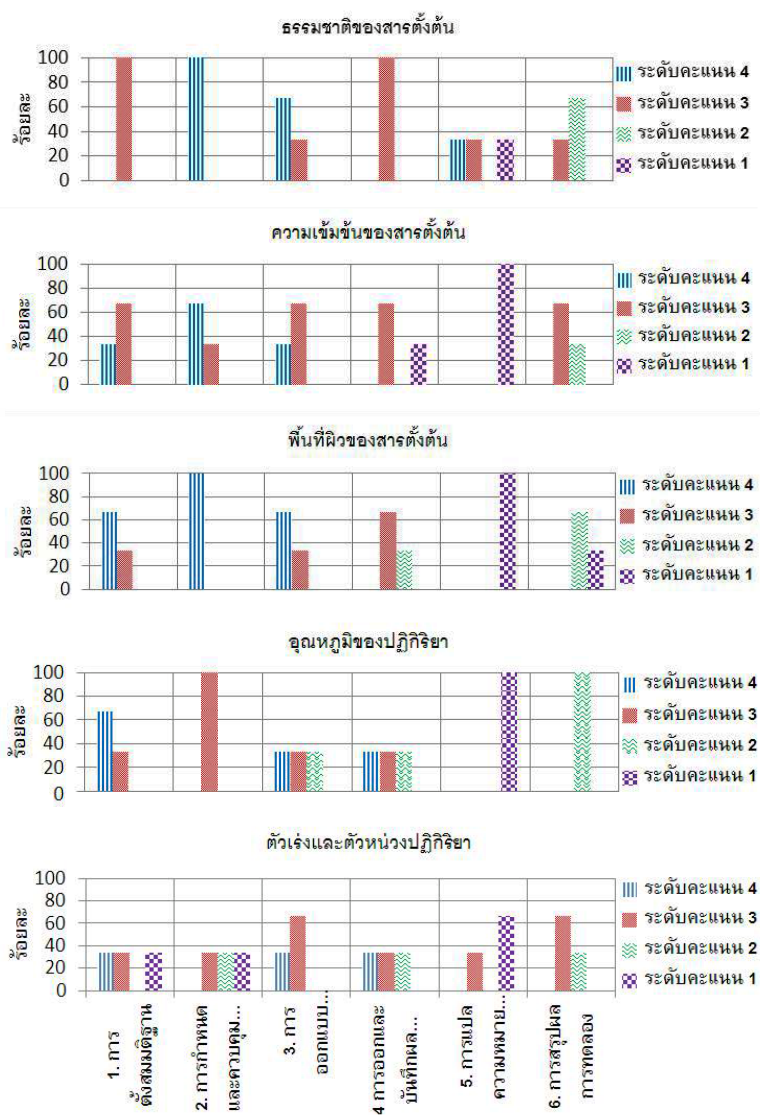
เมื่อวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ดัดแปลงมาจาก Harika et al. (2012) พบว่า นักเรียนที่มีความเข้าใจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (CCC) หลังเรียน (42.36%) มีจำนวนสูงกว่าก่อนเรียน (0.69%) เป็นอย่างมาก นักเรียนเข้าใจความหมายผิด (มีความคลาดเคลื่อนเชิงบวก) (CIC) หลังเรียน (15.28%) สูงกว่าก่อนเรียน (11.11%) เล็กน้อย นักเรียนไม่มีความเข้าใจความหมายผิด (มีความคลาดเคลื่อนเชิงลบ) (ICC) ก่อนเรียน (0.00%) เท่ากับหลังเรียน (0.00%) นักเรียนเข้าใจความหมายผิด (IIC) หลังเรียน(13.19%) สูงกว่าก่อนเรียน (11.81%) เล็กน้อย นักเรียนคาดเดา ขาดความมั่นใจ (CCU) หลังเรียน (11.81%) สูงกว่าก่อนเรียน (0.69%) และนักเรียนขาดความรู้ (CIU, ICU และ IIU) หลังเรียน (17.36%) น้อยกว่าก่อนเรียน (75.70%) ตามลำดับ (ตาราง 3)

ตาราง 3 ความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน (N = 12)

ข้อที่	ร้อยละความเข้าใจของนักเรียนต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์															
	CCC		CIC		ICC		IIC		CCU		CIU		ICU		IIU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	0.00	33.33	25.00	8.33	0.00	0.00	16.67	8.33	0.00	16.67	33.33	16.67	0.00	0.00	25.00	16.67
2	0.00	50.00	8.33	25.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	8.33	25.00	0.00	0.00	0.00	58.33	16.67
3	0.00	41.67	0.00	16.67	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	16.67	33.33	25.00	0.00	0.00	58.33	0.00
4	0.00	41.67	0.00	8.33	0.00	0.00	8.33	16.67	0.00	16.67	16.67	8.33	0.00	0.00	75.00	8.33
5	0.00	58.33	16.67	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	50.00	25.00	0.00	0.00	33.33	0.00
6	8.33	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	33.33	8.33	0.00	0.00	58.33	16.67
7	0.00	50.00	50.00	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	33.33	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00
8	0.00	58.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	58.33	8.33
9	0.00	16.67	16.67	58.33	0.00	0.00	8.33	0.00	8.33	25.00	33.33	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00
10	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	41.67	0.00	8.33	16.67	25.00	0.00	0.00	58.33	0.00
11	0.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00	8.33	50.00	16.67
12	0.00	33.33	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	41.67	0.00	16.67	8.33	0.00	0.00	0.00	66.67	8.33
เฉลี่ย	0.69	42.36	11.11	15.28	0.00	0.00	11.81	13.19	0.69	11.81	26.39	9.03	0.00	0.69	49.31	7.64

จากตาราง 3 นักเรียนส่วนใหญ่ (CCC) มีความเข้าใจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ร้อยละของนักเรียนที่ขาดความเข้าใจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (CIU, ICU และ IIU) มีค่าลดลง นักเรียนส่วนน้อยเท่านั้นที่ตอบตัว-เลือกผิด ตอบเหตุผลถูก และไม่มีความมั่นใจในคำตอบ (ICU) (แบบทดสอบข้อ 11) เช่นเดียวกับ ICU มีนักเรียนส่วนน้อยที่เข้าใจความหมายผิด และมีความคลาดเคลื่อนทางความรู้ (CIC, ICC และ IIC) (แบบทดสอบข้อ 2 3 4 6 9 10 และ 12) นักเรียนบางส่วนเลือกคำตอบถูกและมีความมั่นใจในคำตอบ แต่ไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ หรือเขียนตอบได้แต่ไม่ตรงตามประเด็นของเนื้อหา ยกเว้น ICC นักเรียนส่วนน้อยคาดเดา ขาดความมั่นใจในการตอบ (CCU) (แบบทดสอบข้อ 10 และ 12) นักเรียนสามารถเลือกคำตอบและอธิบายเหตุผลถูก แต่ขาดความมั่นใจในการตอบ

จากการวิเคราะห์แผนผังตัวยูซึ่งเป็น เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ทักษะ ได้แก่ ตั้งสมมติ-ฐานการทดลอง กำหนดตัวแปร ออกแบบการทดลอง บันทึกผลการทดลอง แปลความหมาย ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง (ภาพที่ 3) พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับพอใช้ถึงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.86 จากระดับคะแนน 1 ถึง 4 เมื่อพิจารณา รายด้านทั้ง 6 ทักษะ พบว่า ทักษะที่มีคะแนนเฉลี่ย สูงที่สุด คือ ทักษะการออกแบบและวางแผนการทดลอง ($\bar{X} = 3.44$) รองลงมาคือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ($\bar{X} = 3.39$) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ($\bar{X} = 3.28$) ทักษะการออกแบบตารางและบันทึกผลการทดลอง ($\bar{X} = 2.83$) ทักษะการสรุปผลการทดลอง ($\bar{X} = 2.56$) และทักษะการแปลความหมายข้อมูล ($\bar{X} = 1.67$) ตามลำดับ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความ



ภาพที่ 3 ร้อยละของนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการใช้แผนผังตัวยู
 หมายเหตุ ระดับ 4 หมายถึง มากที่สุด ระดับ 3 หมายถึง มาก ระดับ 2 หมายถึง พอใช้ และระดับ 1 หมายถึง ปรับปรุง
 การทดลองที่ 1 “ธรรมชาติของสารตั้งต้น” การทดลองที่ 2 “ความเข้มข้นของสารตั้งต้น” การทดลองที่ 3 “พื้นที่ผิว
 ของสารตั้งต้น” การทดลองที่ 4 “อุณหภูมิของปฏิกิริยา” การทดลองที่ 5 “ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา”

เข้าใจที่ค่อนข้างต่ำ คือ ทักษะการแปลความ
 หมายถึงข้อมูลต่ำที่สุด ทักษะการออกแบบตาราง
 และบันทึกผลการทดลอง และทักษะการสรุปผล
 การทดลอง ความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางส่วนมีพัฒนา
 การน้อย อาจมีสาเหตุมาจากนักเรียนขาดความรู้
 ความเข้าใจอย่างแท้จริงเกี่ยวกับทักษะกระบวนการ
 ทางวิทยาศาสตร์นั้น จึงทำให้นักเรียนเกิด

ความไม่มั่นใจในการตอบหรือเขียนอธิบายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นออกมา ตัวอย่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในข้อมูลสนับสนุน (supporting information) นอกจากนี้แล้ว นักเรียนบางคนยังขาดทักษะการเขียนสื่อสาร เช่น ไม่สามารถเขียนหรือถ่ายทอดสิ่งที่คิดออกมาได้ ผลการวิจัยในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณีรัฐสุดา กล้าหาญ และเสนอชัยรัมย์ (2555) ที่รายงานไว้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการออกแบบตารางและบันทึกผลการทดลองและทักษะการสรุปผลการทดลองที่ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะการเขียนข้อสรุปเป็นทักษะที่นักเรียนได้น้อยที่สุด ซึ่งเกิดจากนักเรียนไม่สามารถนำผลการทดลองมาเขียนเป็นสรุปผลการทดลองได้บ่อยครั้งครูผู้สอนต้องช่วยเหลือจึงสามารถเขียนสรุปผลการทดลองได้ ผลการวิจัยบ่งชี้ให้เห็นว่า

ครูควรมีส่วนร่วมในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ตลอดจนให้คำแนะนำที่ถูกต้องต่อนักเรียนในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

จากการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้แผนผังตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน จำนวน 20 ข้อ ทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ บทบาทของครูผู้สอนกิจกรรมการทดลองตามแบบแผนผังตัวยูและกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 ± 0.21 (ตาราง 4) ผลและอภิปรายผลในแต่ละด้าน มีดังนี้

ตาราง 4 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการใช้แผนผังตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

รายการคำถาม	ร้อยละความพึงพอใจของนักเรียน					Mean	SD
	5	4	3	2	1		
ด้านที่ 1 บทบาทของครูผู้สอน							
1. ก่อนทำการทดลอง ครูได้บรรยายวัตถุประสงค์การทดลองต่อนักเรียนอย่างชัดเจน	58.33	33.33	8.33	0.00	0.00	4.50	0.67
2. ในระหว่างที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูให้ความเป็นมิตรกับนักเรียน	83.33	16.67	0.00	0.00	0.00	4.83	0.39
3. ในระหว่างทำการทดลอง ครูให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนเมื่อนักเรียนพบอุปสรรคในการทดลอง	83.33	16.67	0.00	0.00	0.00	4.83	0.39
4. ในระหว่างทำการทดลอง ครูให้ความสนใจที่จะตอบคำถามของนักเรียนเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	91.67	8.33	0.00	0.00	0.00	4.92	0.29
5. ในระหว่างทำการทดลอง ครูกระตุ้นให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในกลุ่มย่อย	25.00	75.00	0.00	0.00	0.00	4.25	0.45
เฉลี่ย	68.33	30.00	1.67	0.00	0.00	4.67	0.44

ตาราง 4 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการใช้แผนผังตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ต่อ)

รายการคำถาม	ร้อยละความพึงพอใจของนักเรียน					Mean	SD
	5	4	3	2	1		
ด้านที่ 2 กิจกรรมตามแผนผังตัวยู							
9. การทดลองนี้ ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา	66.67	33.33	0.00	0.00	0.00	4.67	0.49
10. ในการทดลองนี้ นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการออกแบบการทดลองในเรื่องจลนศาสตร์เคมี	8.33	75.00	16.67	0.00	0.00	3.92	0.51
11. ในการทดลองนี้ นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้ผลการทดลอง เพื่อสนับสนุนการสรุปผลการทดลองของนักเรียน	25.00	75.00	0.00	0.00	0.00	4.25	0.45
12. ในการทดลองนี้ นักเรียนคิดว่า นักเรียนมีพัฒนาการเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์	41.67	58.33	0.00	0.00	0.00	4.42	0.51
13. การทดลองนี้ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจลนศาสตร์เคมีมากขึ้น	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.52
14. การทดลองนี้ ทำให้นักเรียนรู้สึกอยากที่จะหรือมีแรงจูงใจที่จะเรียนรู้อีกวิทยาศาสตร์	33.33	58.33	8.33	0.00	0.00	4.25	0.62
15. ในการทดลองนี้ นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานร่วมกันเป็นทีม	83.33	16.67	0.00	0.00	0.00	4.83	0.39
เฉลี่ย	44.05	52.38	3.57	0.00	0.00	4.40	0.50
ด้านที่ 3 การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง							
16. ก่อนทำการทดลอง นักเรียนได้มีการปรึกษาหารือเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นวางแผนและออกแบบวิธีการทดลองกับเพื่อนในกลุ่ม	8.33	91.67	0.00	0.00	0.00	4.08	0.29
17. ในระหว่างทำการทดลอง นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างเพื่อนในกลุ่ม	25.00	66.67	8.33	0.00	0.00	4.17	0.58
18. หลังการทดลอง นักเรียนอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มเกี่ยวกับผลการทดลองที่ได้	25.00	75.00	0.00	0.00	0.00	4.25	0.45
19. การอภิปรายร่วมกันในกลุ่มช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด เรื่องจลนศาสตร์เคมี (chemical kinetics)	66.67	33.33	0.00	0.00	0.00	4.67	0.49
20. การทำงานร่วมกันในกลุ่มช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.52
เฉลี่ย	35.00	63.33	1.67	0.00	0.00	4.33	0.47
เฉลี่ยรวม						4.39	0.21

ด้านบทบาทของครูผู้สอน นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการสอนของครูในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ± 0.44 โดยข้อที่ 4 “ในระหว่างทำการทดลอง ครูให้ความสนใจที่จะตอบคำถามของนักเรียนเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย” เป็นข้อที่คิดเห็นที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้ความสนใจนักเรียนโดยครูพยายามช่วยเหลือนักเรียนเมื่อเกิดความสงสัยมีผลต่อความเข้าใจของนักเรียนอย่างยิ่ง ดังนั้นบทบาทของครูผู้สอนจึงมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลนุช ไชยมีชัชฌิม และเสนอ ชัยรัมย์ (2557) ซึ่งพบว่า บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งครูให้ความสนใจที่จะตอบคำถามของนักเรียนเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย นักเรียนมีความพึงพอใจเป็นลำดับแรก

ด้านกิจกรรมการทดลองตามแบบแผนผังตัวยู นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ± 0.50 ซึ่งข้อ 15 “ในการทดลองนี้ นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานร่วมกันเป็นทีม (work in a team)” เป็นข้อที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด เนื่องจากการทดลองต้องอาศัยคนหลายคนในการปฏิบัติหน้าที่ด้านต่าง ๆ เพื่อให้งานสามารถสำเร็จลุล่วงได้ จากการทำงานร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มทำให้นักเรียนค้นพบความชอบของตนเองว่าชอบทำงานด้านใด เช่น นักเรียนชอบใช้เครื่องแก้วในการทดลอง ชอบเขียนผลการทดลอง ชอบเขียนแผนผังตัวยู นอกจากนี้ การลงมือปฏิบัติจริงช่วยกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้และสามารถเรียนรู้ได้อย่างสนุกสนาน เพิ่มประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความชำนาญ การเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจึงเป็นการเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทำให้นักเรียนชอบการทดลอง นักเรียนสามารถดำเนินการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางได้

ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ± 0.47 ข้อ 19 “การอภิปรายร่วมกันในกลุ่มช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี” เป็นข้อที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด เนื่องจากความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นของนักเรียนได้มากจากการอภิปรายความรู้ร่วมกันและได้เรียนรู้สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ทำในห้องปฏิบัติการ การจัดการเรียนในลักษณะที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง จะทำให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงออกอย่างเต็มที่และเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนผังตัวยู และการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางสามารถพัฒนานักเรียนให้มีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพิ่มสูงขึ้นได้

ถึงแม้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แผนผังตัวยู และการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางจะมีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับพอใช้ถึงมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.86 จากระดับคะแนน 1 ถึง 4 ซึ่งต่ำกว่าสมมติฐานการ

วิจัยที่ได้กำหนดไว้ที่ระดับมาก คำตอบจากสมมติฐานข้อนี้แสดงให้เห็น ครูผู้สอนต้องตระหนักถึงความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และช่วยกันส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แผนผังตัวยูและการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

ในกรณีที่ครูผู้สอนต้องการพัฒนาความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยกิจกรรมที่มีการทดลองในชั้นเรียน ครูผู้สอนจำเป็นต้องสำรวจความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ให้ทราบถึงระดับความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดต่อการพัฒนาความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางและการใช้แผนผังตัวยูช่วยพัฒนาความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเมื่อครูผู้สอนกำกับติดตามการเขียนรายงานผลการทดลองของนักเรียนตามแผนผังตัวยูทุกครั้งเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนไม่เข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชั้นใด โดยเฉพาะทักษะการแปลความหมายข้อมูล ทักษะการออกแบบตารางและบันทึกผลการทดลอง และทักษะการสรุปผลการทดลอง ซึ่งนักเรียนได้คะแนน

ค่อนข้างต่ำจึงส่งผลให้คะแนนความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับพอใช้ ครูจึงควรตรวจสอบรายงานผลการทดลองของนักเรียนเพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนให้ตรงตามความคาดหวังมากขึ้น และในกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรเน้นให้นักเรียนได้รู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีม เช่น การทดลองและการอภิปรายร่วมกัน เพราะกิจกรรมกลุ่มเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญในการช่วยส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนตามวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ตลอดจนยังเป็นการช่วยส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนในชั้นด้วย และเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัยในระหว่างที่ทำการทดลอง ครูผู้สอนต้องให้ความสำคัญในการตอบคำถาม เพราะคำตอบของครูผู้สอนมีผลอย่างยิ่งต่อความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สควค.) ระยะที่ 3 (พ.ศ.2556–2561) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

กมลนุช ไชยมัชชिम และเสนอ ชัยรัมย์. (2557). การส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง โปรตีน โดยใช้กระบวนการสืบเสาะแบบแนะนำ. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ

- สิ่งแวดลอมเพื่อการเรียนรู 5(2): 165–175.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ณัฐสุดา กล้าหาญ. (2555). การพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้การเรียนการสอนแบบสืบเสาะชี้แนะแนวทาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ณัฐสุดา กล้าหาญ และเสนอ ชัยรัมย์. (2555). การพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้การเรียนการสอนแบบสืบเสาะชี้แนะแนวทาง. การประชุมวิชาการ มอบ. วิจัย ครั้งที่ 6 (หน้า 103–112). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- รัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาจร. (2555). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 14(2): 23–34.
- พิสมัย พานโฮม. (2551). ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เห็นผังรูปตัววีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. อุตรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.
- วิชัย ลาธิ. (2555). การพัฒนาทักษะความรู้ขั้นสูงและทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2557). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O-NET). เข้าถึงได้จาก <http://www.niets.or.th>, สืบค้นเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2558.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดการเรียนรูกลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.
- อรรรรณ หอมพรมมา. (2553). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยการสอนแบบเปรียบเทียบ (Analogy Approach). วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Brotherton, P. N., and Preece, P. F. W. (1995). Science process skills: Their nature and interrelationships. **Research in Science and Technological Education** 13(1): 5–12.
- Burns, J. C., Okey, J. R., and Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. **Journal of Research in Science Teaching** 22(2): 169–177.

- Chairam, S. Somsook, E. and Coll, R. K. (2009). Enhancing Thai students' learning of chemical kinetics. **Research in Science and Technological Education** 27(1): 95–115.
- Harika, O. A., Ceyhan, C. and Christine M. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, green house effect, ozone layer depletion, and acid rain. **International Journal of Science Education** 11(34): 1667–1686.
- Justi, R., and Gilbert, J. K. (1999). A cause of a historical science teaching: Use of hybrid models. **Science Education** 83: 163–77.
- Justi R. (2003). Teaching and learning chemical kinetics. In J. K. Gilbert, O. D. Jong, D. F. Treagust and J. H. van Driel (Eds.), **Chemical Education: Towards research-based practice** (pp. 339–362). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Kirik, T. Ö., and Boz, Y. (2012). Cooperative learning instruction for conceptual change in the concepts of chemical kinetics. **Chemistry Education Research and Practice** 13: 221–236.
- Knaggs, C. M., and Schneider, R. M. (2012). Thinking like a scientist: Using Vee-maps to understand process and concepts in science. **Research in Science Education** 42(4): 609–632.
- National Research Council [NRC]. (1996). **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy.
- National Research Council [NRC]. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning**. Washington, DC: National Academy.
- Özgelen, S. (2012). Students' science process skills within a cognitive domain frame work. **Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education** 8(4): 283–292.
- White, R., and Gunstone, R. (1992). **Probing understanding**. London: The Falmer.