การส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส โดยใช้เครื่องตรวจวัดทางแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

Enhancement of Learning Achievement and Science Process Skills for The Eleventh Grade Students Using a Chemistry Laboratory: Reaction Rate of Crystal Violet Fading in Alkali Solution Using PEDD a Simple Light Detector

ผกาวรรณ กลางชมภู,[1] ฐิติรัตน์ แม้นทิม,[2] ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต[3]
Phakawan Klangchomphu,[1] Thitirat Mantim,[2] Piyarat Dornbundit[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส โดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD 2) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส โดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย จาก 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ 1) บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส โดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test (dependent sample) ผลการศึกษา พบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี ที่ระดับนัยสำคัญ .01 2) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี ที่ระดับนัยสำคัญ .01

---

[1] นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
[2] อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
[1] Graduate Student, Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University
[2] Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University
[3] Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

คำสำคัญ : บทปฏิบัติการเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การฟอกจางสีของคริสตอลไวโอเลตในสารละลายเบส เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare learning achievement before and after determining the applied chemistry laboratory reaction rate of crystal violet fading in alkali solution using PEDD light detector 2) compare science process skills before and after determining applied chemistry laboratory reaction rate of crystal violet fading in alkali solution using PEDD light detector. The research sample was from an eleventh grade classroom at Samsenwittayalai school where one classroom constituted 30 students selected by cluster random sampling technique in the first semester of the 2017. The research instruments consisted of 1) the chemistry laboratory reaction crystal violet fading in alkali solution 2) learning achievement test 3) science process skills test. The statistics used in this research were percentage, average, standard deviation, and statistic for hypothesis testing was t-test (dependent sample). The study results found that 1) students, who learned using chemistry laboratory reaction rate of crystal violet fading in alkali solution, had significantly higher learning achievement score than before learning via this laboratory at the significant level of .01. 2) students, who learned using chemistry laboratory reaction rate of crystal violet fading in alkali solution, had significantly higher science process skill than before learning via this laboratory at the significant level of .01.

Keywords : Chemistry Laboratory, Rate of Reaction, Crystal Violet Fading in Alkali Solution, PEDD light detector

บทนำ

วิชาเคมีเป็นการศึกษาศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสาร หรือการเกิดสารใหม่ (Longman Contemporary Dictionary, 2012) และวิชาเคมียังสามารถเชื่อมโยงกับสาขาวิชาอื่นๆด้วย แต่พบว่าการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรเนื่องจากวิชาเคมี เนื่องจากวิชาเคมีมีเนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม มีภาษาที่มีความจำเพาะ ต้องอาศัยจินตนาการในการเรียนรู้ ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน (misconception) ในหลายๆ หัวข้อ ได้แก่ ปริมาณสารสัมพันธ์ กรด - เบส อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และไฟฟ้าเคมี (Chu, & Hong, 2010) โดยเฉพาะในการจัดการเรียนรู้เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นหัวข้อพื้นฐานที่สำคัญหัวข้อหนึ่งที่นักเรียนมักเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ เช่น นักเรียนมักสับสนเกี่ยวกับเรื่อง อุณหภูมิ และความเข้มข้น และผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Çalık MA, Kolomuç A, Karagölge, 2010) เนื่องจากเนื้อหาส่วนใหญ่ต้องใช้จิตนาการเป็นการคิดในระดับอนุภาค และใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมายจึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจเท่าที่ควร (Kolomuç, & Tekin. 2011) ให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนตกต่ำ และในขณะเดียวกันก็ทำให้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก็ต่ำด้วย

เนื่องจากการเรียนรู้ของนักเรียนจะเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน หากไม่มีความเข้าใจในเนื้อหาก็จะไม่มีแหล่งข้อมูลมาช่วยในการเคราะห์ และตีความหมายข้อมูลได้ (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550)

ดังนั้นเพื่อให้การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเกิดประสิทธิภาพ และนักเรียนเข้าใจเนื้อหาของวิชาเคมีได้อย่างดีขึ้น จึงได้มีการพัฒนากระบวนการและวิธีจัดการเรียนรู้วิชาเคมีให้ประสบความสำเร็จ ซึ่งหนึ่งในแนวคิดที่ได้รับการยอมรับคือแนวคิดของ Jonhstone ที่นำเสนอในปีค.ศ 1993 (Jonhstone. 1993) เกี่ยวกับแนวคิดทางเคมี 3 ระดับ (three levels of representation) ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีการผสานความรู้ในสามระดับเข้าด้วยกันคือ 1) ความรู้ในระดับมหภาค (macroscopic) คือ การเรียนรู้ผ่านการผ่านการใช้ประสาทสัมผัส และการสังเกตการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมี หรือการเรียนรู้ผ่านการทดลอง 2) ความรู้ในระดับสัญลักษณ์ (symbolic) และ 3) ความรู้ในระดับอนุภาค (microscopic) คือการเปลี่ยนแปลงในระดับอะตอมหรือโมเลกุล และการลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง (learning by practicing) มีความสำคัญในการเสริมสร้าง และพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง (Laurillard. 2012) สามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้อย่างถูกต้อง และสามารถแก้ไขปัญหาแนวคิดคลาดเคลื่อน (Barke, Hazari & Tiybarek. 2009) นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ (Tobin. 1990) และทักษะกระบวนการไปพร้อมๆกัน (Hofstein. 2004) และเป็นการสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี (Akani O. 2015) พร้อมทั้งทำให้นักเรียน สามารถเข้าใจธรรมชาติของวิชาเคมี ดังนั้นในวิชาเคมีจึงจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำการทดลองตามบทปฏิบัติการ แต่การใช้การบทปฏิบัติการเคมีในประเทศไทยนั้นมีข้อจำกัด เนื่องจากในเรื่องของเนื้อหาที่นำมาประยุกต์ใช้จากต่างประเทศไม่เข้ากับบริบทห้องเรียนในประเทศไทย (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2556) อุปกรณ์ และสารเคมีที่มีราคาสูง เครื่องมือมีความซับซ้อน ใช้งานยากและสารเคมี ทำให้เป็นอุปสรรค์ในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) แต่ก็ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีในห้องเรียนเคมีและวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2556)

ดังนั้นบทปฏิบัติการเคมีที่มีประสิทธิภาพ ราคาถูก อุปกรณ์หาง่าย สามารถสร้างเองได้ และเข้ากับบริบทการจัดการเรียนรู้ของประเทศไทย น่าช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดีขึ้น และยังช่วยส่งเสริมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไปพร้อมกัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำบทปฏิบัติการเคมีที่พัฒนาขึ้นให้เข้ากับบริบทข้างต้นมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ซึ่งบทปฏิบัติการที่นำมาใช้ คือ ใช้ปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส (Corsaro . 1964) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจากสารละลายสีม่วง เป็นสารละลายไม่มีสีตามปริมาณของสารตั้งต้นอย่างชัดเจน ร่วมกับใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD (paired emitter-detector diodes) ที่สร้างได้ง่ายจากไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 2 หลอด ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง (light source) และตัวตรวจวัด (detector) ซึ่งสามารถติดตามวัดการดูดกลืนแสงได้เหมือนกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Tymecki, & Koncki. 2009) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเมื่อมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 จำนวน 8 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 310 คน

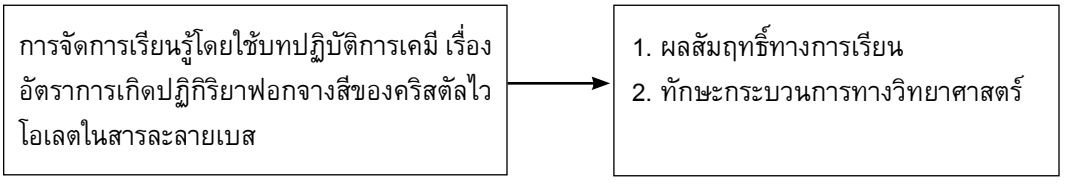
กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 จาก 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย



เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

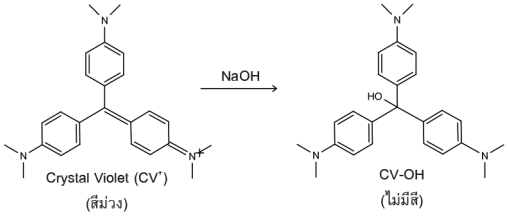
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส ดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และงานวิจัยที่ใช้บทปฏิบัติการเคมีในการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และจลนพลศาสตร์

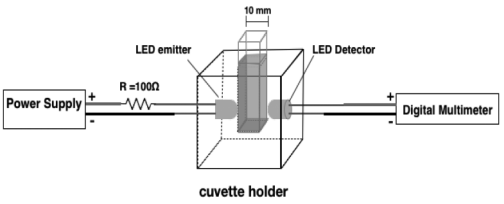
1.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการพัฒนาบทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีสำหรับห้องเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพิจารณาในประเด็นสำคัญดังนี้ 1) ใช้สารเคมีน้อย หาง่าย และราคาถูก 2) อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูก การใช้งานไม่ซับซ้อนง่าย และดูแลรักษาง่ายและเก็บรักษา 3) ผลการทดลองสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน ทำให้ผู้วิจัยเลือกพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีจากปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายโซเดียมไฮดรอก

ไซด์เบส ซึ่งมีการนำเสนอในปี ค.ศ 1964 โดย Cosaro สารละลายคริสตัลไวโอเลต (CV+) เมื่อทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะเปลี่ยนสีจากสารละลายสีม่วงเป็นโดยใช้สารละลายคริสตอลไวโอเลตทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเกิดการฟอกจางสีจากสารละลายสีม่วงเป็นสารละลายไม่มีสี (CV-OH) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 สมการแสดงปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส (ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Corsaro (1964))

1.3 เครื่องตรวจวัดการฟอกจางสีของคริสตอลไวโอเลตในสารละลายเบส สร้างตามแนวคิดของ Tymecki และ Koncki ดังรูปที่ 2 ประกอบด้วย 1) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC power supply) 2) แท่นยึดคิวเวตต์ (cuvette holder) 3) หลอด LED เปล่งแสง (LED emitter) 4) หลอด LED ตรวจวัด (LED detector) 5) ดิจิตัลมัลติมิเตอร์เพื่อตัวตรวจวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ LED ตรวจวัด โดยในเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD ทั้งหลอด LED เปล่งแสง และ LED ตรวจวัดจะติดตั้งบนแท่นยึดคิวเวตต์ ซึ่งทำจากพลาสติกอะคลิกลิกซึ่งออกแบบให้ติดตั้งหลอด LED ทั้ง 2 ประเภทวางอยู่ในระนาบเดียวกัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน และมีช่องสำหรับใส่คิวเวตต์พลาสติกขนาด 10 มิลลิเมตร สำหรับบรรจุสารละลาย ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD ดัดแปลงมาจากแนวคิด Tymecky และ Koncki (2009) (LED emitter คือ LED สีส้ม λ = 590±5 nm ที่ต่อกับตัวต้านทานขนาด 100 โอห์ม, LED detector คือหลอดสีส้ม λ = 590±5 nm ต่ออยู่กับดิจิตัลมัลติมิเตอร์)

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD โดยการวัดสารละลายมาตรฐานคริสตัลไวโอเลต ความเข้มข้น 5-20 μM เปรียบเทียบกับการตรวจวัดด้วยเครื่องมือมาตรฐาน คือ เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD และค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ให้ค่า ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เท่ากับ 0.9998 แสดงว่าเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD สามารถใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และเมื่อทดสอบความเที่ยง (%RSD) ของเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD โดยการวัดสารละลายมาตรฐานคริสตัลไวโอเลตที่มีความเข้มข้น 5-20 μM พบว่ามีค่า %RSD น้อยมาก >0.001 แสดงว่าเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD มีความเที่ยงระดับดี

1.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนาบทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส ได้แก่ 1) ความเข้มข้นของสารละลาย พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายคริสตัลไวโอเลตในช่วง 5-20 μM และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในช่วง 0.02-0.06 M พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายคริสตัลไวโอเลตที่เหมาะสม คือ 10 μM และ 15 μM และ

ใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 0.04 M และ 0.06 M ซึ่งให้กราฟแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบสที่ชัดเจน และใช้เวลาในการทดลองน้อยกว่า 8 นาที

2) อุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา โดยศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตั้งแต่อุณหภูมิ 5-60 องศาเซลเซียส (°C) พบว่า อุณหภูมิต่ำมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้ากว่าที่อุณหูมิสูง ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 อุณหภูมิได้แก่ อุณหภูมิต่ำ (5°C) อุณหภูมิห้อง (30°C) และอุณหภูมิสูง (50°C) เนื่องจากมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนและใช้เวลาในการทดลองจะและติดตามการเกิดปฏิกิริยาเป็นเวลาแค่ 75 วินาที

1.5 ออกแบบบทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตอลไวโอเลต โดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD จากจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 1.4 มาออกแบบกิจกรรมการทดลองประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของความเข้มข้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การหากฎอัตรา และอันดับปฏิกิริยา และการทดลองที่ 3 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.6 พัฒนาคู่มือครู และบทปฏิบัติการของนักเรียน กิจกรรม ซึ่งมีองค์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) บทนำ ซึ่งอธิบายพื้นฐานของหัวข้ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) อุปกรณ์และวิธีการทดลองของการทดลองแต่ละตอน 3) ใบบันทึกผลการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย การวางแผนการทดลองที่นักเรียนต้องวางแผนการทดลองด้วยตนเอง แบบบันทึกผลการทดลอง และคำถามหลังการทดลอง

1.7 หาคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมี โดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบทปฏิบัติการเคมีจำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีศึกษาจำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมี พบว่า ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากการประเมินมีค่าตั้งแต่ 0.67-1 และผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการใช้ภาษาที่ใช้ในเขียนบทปฏิบัติการ และเพิ่มเนื้อหา ทฤษฎีพื้นฐานความรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปปรับปรุงก่อนนำบทปฏิบัติการเคมีไปใช้ต่อไป

จากนั้นนำบทปฏิบัติการเคมีที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองภาคสนามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม จำนวน 5 คน โดยให้นักเรียนอ่านเนื้อหาและลำดับขั้นตอนของบทปฏิบัติการ แล้วปรับปรุงเรื่องคำศัพท์เฉพาะในบทปฏิบัติการให้เหมาะกับความรู้เดิมของนักเรียน จากนั้นนำบทปฏิบัติการที่ผ่านการปรับปรุงแล้วนำไปใช้กับนักเรียนจำนวน 15 คน เพื่อทดลองใช้บทปฏิบัติการเคมี พบว่านักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ทันในเวลาที่กำหนด แต่ต้องมีการปรับปรุงในเรื่องเนื้อหาที่ใช้ในการคำนวณและปรับปรุงเนื้อหาที่ใช้เวลานานเกินไปให้กระชับมากขึ้น จากนั้นนำบทปฏิบัติการเคมีใช้กับนักเรียนจำนวน 26 คน แบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน เพื่อประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 70/70 โดย

E1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบระหว่างบทปฏิบัติการเคมี ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

E2 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี ได้คะแนนไม่

น้อยกว่าร้อยละ 70

พบว่า บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส โดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 87.74/83.26 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด

2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาเนื้อหาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของบลูม (Bloom's Revised Taxonomy) วัดพฤติกรรม 3 ด้าน คือ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการคิดวิเคราะห์ ในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

2.3 หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตั้งแต่ 0.67-1 และปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาไปใช้กับนักเรียนจำนวน 56 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบแต่ละข้อ

2.5 เลือกข้อสอบจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2-0.6 จำนวน 20 ข้อ วัดพฤติกรรมด้านความเข้าใจ 6 ข้อ ด้านการนำไปใช้ 5 ข้อ และด้านคิดวิเคราะห์ 9 ข้อ เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาหาค่าความเชื่อมั่น ตามแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) KR-20 พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่า 0.73

3. การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวัดทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

3.1 ศึกษาเนื้อหาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.2 สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการทดลองเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา จำนวน 13สถานการณ์ และสร้างข้อคำถาม แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เพื่อวัดทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จำนวน 14 ข้อ

3.3 หาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตั้งแต่ 0.67-1 และปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.4 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางทางการเรียนที่ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาไปใช้กับนักเรียนจำนวน 56 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบแต่ละข้อ

3.5 เลือกข้อสอบจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.4-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2-0.6 จำนวน 8 ข้อ ซึ่งวัดทักษะการทดลองจำนวน 4 ข้อ และวัดทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป 4 ข้อ เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.6 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาหาค่าความเชื่อมั่น ตามแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) KR-20 พบว่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่า 0.66

วิธีการศึกษา

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวิจัยที่มีคุณภาพมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี (เพิ่มเติม) โดยมีขั้นตอนเป็นการวิจัยวิจัยเชิงการทดลอง (experimental research) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ และเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื้อหาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) จาก 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน

2. ทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีกับกลุ่มกับตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. จัดการเรียนการรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยบทปฏิบัติการเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส โดยใช้เครื่องตรวจวัดชนิด PEDD ประกอบด้วยการแนะนำบทปฏิบัติการเคมี (2 คาบ) และการทำปฏิบัติการเคมี (2 คาบ) เวลารวม 4 คาบ

4. ทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งห่างจากการทดสอบก่อนเรียน 4 สัปดาห์

5. วิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานในลำดับถัดไป

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบประสิทธิผลการเรียนรู้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลต ในสารละลายเบส

จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิผลการเรียนรู้ในด้าน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลต ในสารละลายเบส

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม		S.D.	t	df	p
ก่อนเรียน	30	20	14.50	2.255	4.180	29	0.000
หลังเรียน	30	20	16.26	1.285			

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีด้วยการทดสอบ t-test (dependent samples) พบว่า มีค่า t เท่ากับ 4.180 และค่า $p< 0.01$ แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีสูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ

2. การเปรียบเทียบประสิทธิผลการเรียนรู้ในด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ เมื่อมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลต ในสารละลายเบส

จากการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการเคมีได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิผลทางการเรียนรู้ในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เมื่อมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลต ในสารละลายเบส

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม		S.D.	t	df	p
ก่อนเรียน	30	8	5.20	1.126	6.770	29	0.000
หลังเรียน	30	8	6.60	0.724			

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนด้วยการทดสอบ t-test (dependent samples) พบว่าค่า t มีค่าเท่ากับ 6.770 และค่า p< 0.01 แสดงว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังมีการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ระดับนัยสำคัญ .01

เนื่องจากบทปฏิบัติการจะมีส่วนช่วยทำให้นักเรียนได้เห็นภาพรวมของเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากการฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี 3 ระดับที่กล่าวถึงการเรียนรู้ในระดับมหภาค นอกจากนี้การเรียนรู้ผ่านบทปฏิบัติการเคมีจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการทดลองในสถานการณ์จริง ทำให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรพล วิหคไพบูลย์ (2543) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการนำบทปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กล่าวว่าการมีขั้นตอนที่ชัดเจน ทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการทดลองได้เป็นอย่างดี ราบรื่นและเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น เพราะได้ศึกษาผ่านสถานการณ์จริงทำให้เกิดการเรียนรู้ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปฏิบัติการเคมียังสอดคล้องกับงานวิจัยของจารุวัฒน์ ชูรักษ์ (2557) ที่พัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การหาปริมาณเหล็กในน้ำตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย พบว่าเมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตสูงขึ้น และนักเรียนได้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นรูปธรรมจะทำให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจต่อเนื้อหาวิชาที่เรียนได้ดีขึ้น นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกับทฤษฎีในวิชาเคมีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Chairam, Somsook, & Coll. (2009) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้เรื่องจลนพลศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีนักศึกษาสามารถเข้าใจเนื้อหาของเรื่องจลนพลศาสตร์ได้ดีขึ้นเมื่อมีการเรียนรู้โดยการใช้บทปฏิบัติการ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นรชัย พิทักษ์พรชัย (2557) ที่นำแบบการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เนื่องจากเป็นกิจกรรม

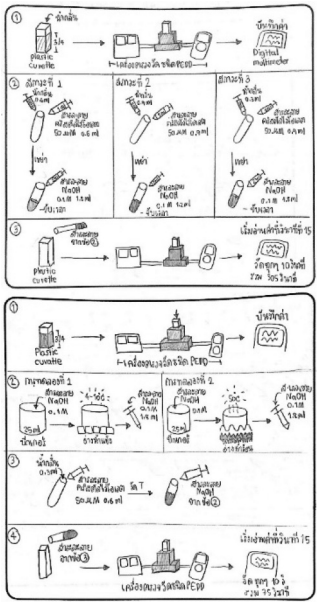
ที่ดึงดูดให้นักเรียนสนใจ และนักเรียนได้มีโอกาสทบทวนความรู้ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาฟอกจางสีของคริสตัลไวโอเลตในสารละลายเบส มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ที่ระดับนัยสำคัญ .01

เนื่องจากในกิจกรรมได้มีการออกแบบให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นรายทักษะดังนี้

ในด้านทักษะการทดลอง นักเรียนได้ทำการวางแผนการทดลองด้วยตนเองล่วงหน้า ทำให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจและลำดับขั้นตอนการทดลองมาก่อนทำให้นักเรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนมีเวลาพิจารณาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการทดลองและเตรียมการแก้ปัญหามาล่วงหน้าซึ่งเป็นการปลูกฝังและพัฒนานิสัยนักวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3ก

ก.



ข.

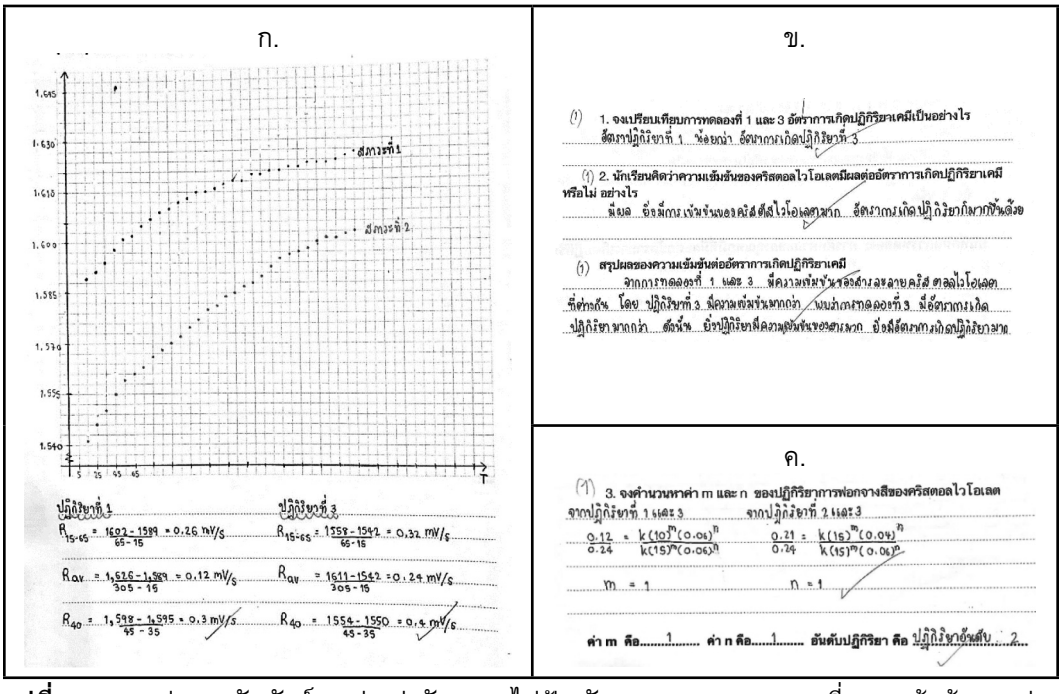
สภาวะ	ความเข้มข้นของ CV 10 μM		ค่าสัญญาณอากาศ ..... 1.635 V	
	ความเข้มข้น NaOH 0.06M		ค่าสัญญาณน้ำกลั่น (Blank) ..... 1.634 V	
วินาทีที่	ค่าสัญญาณ (mV)	วินาทีที่	ค่าสัญญาณ (mV)	
15	1.589	165	1.617	
25	1.592	175	1.618	
35	1.595	185	1.618	
45	1.598	195	1.620	
55	1.601	205	1.620	
65	1.602	215	1.621	
75	1.605	225	1.621	
85	1.607	235	1.622	
95	1.609	245	1.622	
105	1.610	255	1.623	
115	1.612	265	1.623	
125	1.613	275	1.623	
135	1.615	285	1.624	
145	1.615	295	1.625	
155	1.616	305	1.626	

รูปที่ 3 ก. ตัวอย่างการวางแผนการทดลองของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี และ ข. ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี

จากรูปที่ 3ก. จะเห็นได้ว่านักเรียนได้ทำการวางแผนการทดลองมาอย่างครบถ้วนละเอียด และเป็นขั้นตอน มีการเน้นย้ำจุดสำคัญ เช่น เวลาและสิ้นสุดการบันทึก ปริมาตรที่ใช้ในการเตรียมแต่ละสภาวะ ไม่เพียงเท่านั้นนักเรียนยังได้บันทึกผลการทดลองด้วยตนเองจนครบถ้วนตามวิธีการทดลองในบทปฏิบัติการเคมี ดังแสดงในรูป 3ข ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนมีการฝึกใช้ทักษะการทดลองอย่างเต็มที่ นักเรียนมีความใส่ใจ จดจ่อกับการทำการทดลอง ทำให้เป็นการพัฒนาทักษะการทดลองของนักเรียน ซึ่งนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีสามารถบันทึกผลการทดลองได้อย่างครบด้วย

ในส่วนของทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ในบทปฏิบัติการเคมีที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนนำผลการทดลองมาแปลผลให้อยู่

ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดชนิด PEDD กับเวลา ของสภาวะต่างๆ นักเรียนได้ลงมือสร้างกราฟจากผลการทดลองได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องครบถ้วน และคำนวณหาค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาแบบต่างๆ จากผลการทดลองได้ ดังแสดงในรูปที่ 4ก. เมื่อนักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้อง จะทำให้สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของกราฟผลการทดลองเพื่อช่วยในการสรุปผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4ข และช่วยในการหาค่าตัวแปรอื่นๆ เช่น อันดับปฏิกิริยาดังแสดงในรูปที่ 4ค



รูปที่ 4 ก. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณไฟฟ้า กับเวลา ของสองสภาวะที่ความเข้มข้นแตกต่างกันที่ได้จากผลการทดลองของนักเรียน และการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบต่างๆ ข. การตอบคำถามของนักเรียนและการสรุปผลการทดลอง ค. การคำนวณหาค่าอันดับปฏิกิริยาจากผลการทดลอง

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการนั้นมีส่วนช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์ (2545), สุนิสา ช้างพาลี (2560) และ Jeenthong T., Ruenwongsa P., & Sriwattanarothai N. (2004) ที่กล่าวไว้ว่าการที่นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีกระบวนการ ขั้นตอน มีการลงมือปฏิบัติจริง ได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การทำการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การตีความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลอง นักเรียนจะมีการผสานการใช้ทักษะต่างๆ เข้าด้วยกัน (multi skill) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเคมีทำให้เกิดการอยากรู้อยากลองลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นอกเหนือจากบทปฏิบัติการเคมีจะมีผลในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของธนภรณ์ ก้องเสียง (2558) ที่กล่าวเกี่ยวกับการ

จัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการนั้นจะทำให้เกิดเงื่อนไขในการเรียนรู้ขึ้น ซึ่งเป็นทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นลำดับขั้น และเป็นการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการเคมีนั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทำผ่านการเรียนรู้เป็นขั้นๆ ทำให้เป็นการเกิดโอกาสให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนในการใช้การลงมือปฏิบัติในการพิสูจน์ทฤษฎี และความจริงต่างๆ ตามรายงานวิจัยของ ยศวดี ฐิติวร (2557) ที่ศึกษาผลของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ในสถานการณ์ ได้ลงมือทำการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้ลองใช้และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่

ข้อเสนอแนะ

ศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านอื่นๆ ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมี เช่น ทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นเป็นกลุ่ม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และโครงการส่งเสริมครูผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จารุวัฒน์ ชูรักษ์. (2557). การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การหาปริมาณเหล็กในน้ำตัวอย่างโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.* 33(6) : 657-664.

ธนภรณ์ ก้องเสียง. (2558). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทวิทยา รามอินทรา.* (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

นรชัย พิทักษ์พรชัย. (2557). การพัฒนาประสิทธิผลทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะความรู้ในการทดลองเสมือน. *วารสารศึกษาศาสตร์.* 25(2) : 40-54.

ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครวิโรฒ

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพาณิชย์.

ยศวดี ฐิติวร. (2557). การพัฒนาประสิทธิผลการเรียนรู้ของนิสิตปริญญาตรี โดยใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง โครมาโทกราฟี. *วารสารศึกษาศาสตร์.* 25(3) : 87-97.

เยาวเรศ ใจเย็น. (2550). ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี. *วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม).* 28(1) : 11-22.

วารี บุญลือ (2550). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครวิโรฒ.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้.* 4(1) : 55-63

สุนิสา ช้างพาลี. (2560). การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยใช้ชุดปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารบัณฑิตวิจัย.* 8(2) : 83-99.

สุรพล วิหคไพบูลย์. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครวิโรฒ.

Akani O. (2015). Laboratory Teaching: Implication on Student's Achievement in Chemistry in Secondary Schools in Ebonyi State of Nigeria. *JEP*. 30(6) : 206-213.

Bagley M. (2017). What is Chemistry?. Retrived June 30, 2018, Available from:URL https://www.livescience.com/45986-what-is-chemistry.html.

Barke Hans-Dieter, Hazari Al, Yitbarek Sileshi. (2009). *Misconception in Chemistry*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag.

Çalık MA., Kolomuç A., & Karagölge. (2010). The Effect of Conceptual Change Pedagogy on Student's Conception of Rate of Reaction. *JOTSE*. 19 : 422-433

Chairam S., Somsook E., & Coll KR. (2009). Enhancing Thai Students' Learning of Chemical Kinetics. *Res Sci Technol Educ*. 1(27) : 95–115.

Chu CK., & Hong KY. (2010) Proceeding of the Sunway Academic Conference 2010/1 ; 7 Aug 2009; Petaling Jaya: Sunway University College. 1-10.

Corsaro G. (1964). A Colorimetric Chemical Kinetics Experiment. *J Chem Educ.* 1(41) : 48-50.

Jeenthong T., Ruenwongsa P., & Sriwattanarothai N. (2004). Promoting integrated science process skills through beta-live science laboratory. *Procedia Soc Behav Sci*. 116 : 3292-3296.

Johnstone A.H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: A Changing Responds to Changing Demand. *J Chem Edu*. 70(9) : 701-705.

Kolomuç A., & Seher T. (2011). Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *Eurasian J Phys Chem Educ.* 3(2) : 84-101.

Longman Dictionary of Contemporary English (6th ed). (2012). Harlow : Pearson Education.

Laurillard Diana. (2012). *Teaching as a Design Science: Building Pedagogical patterns for learning and technology*. New York : Routledge.

Merrill RJ., & Ridgway, DW. (1969). The CHEMStudy Story. San Francisco : Freeman.

Tobin K.G. (1990). Research on Science Laboratory Activities: In Pursuit of Better Questions and Answer to Improve Learning. *Sch Sci Math*. 90(5) : 403-418.

Tymecki Ł., & Koncki R. (2009). Simplified Paired-Emitter-Detector-Diodes-Based Photometry with Improved Sensitivity. *Anal Chim Acta*. 639 : 73-77.