การพัฒนาเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล สำหรับใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

Titration Technique Development based on Microscale and the Implement in Science Classes

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล[1*] พิทักษ์ อยู่มี[2] อนงค์ ศรีโสภา[2]
Pragorn Lertsuwunpaisal[1*], Pitak Yoome[2], Anong Srisopa[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นจากการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการใช้บทปฏิบัติการการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลด้วยการพัฒนาเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล เพื่อใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยการดัดแปลงอุปกรณ์ในการไทเทรตให้สามารถนำมาใช้ในระดับไมโครสเกลตรวจสอบความถูกต้องโดยเปรียบเทียบกับการไทเทรตแบบดั้งเดิมและการใช้เครื่องออโตโพเทนชิโอไทเทรชัน เพื่อพัฒนาใช้กับบทปฏิบัติการสำหรับการไทเทรตกรด–เบส ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล แล้ววิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนและประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน โดยจัดการเรียนรู้แบบ 5E ด้วยบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมปลายสายวิทยาศาสตร์ที่เคยเรียนการไทเทรตแบบดั้งเดิมมาแล้ว โดยสุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก มีจำนวนนักเรียน 370 คน แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ผู้ประเมินผู้เรียน 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ ผลการวิจัยพบว่าชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล สามารถลดการใช้สารเคมีลงได้

---

[1] นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา หลักสูตรดุษฎีมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[*] Corresponding author; email: P.0812@hotmail.com

10 เท่า เมื่อเทียบกับการไทเทรตโดยวิธีดั้งเดิม พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และพบว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการเรื่องการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการประเมินความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการ พบว่าอยู่ในระดับดี ดังนั้นสรุปได้ว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้จัดการเรียนรู้เรื่องการไทเทรตกรด-เบส ในวิชาเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: การไทเทรต เทคนิคไมโครสเกล ห้องเรียนวิทยาศาสตร์

Abstract

The research objectives were 1) to develop the techniques of titration based on the microscale, 2) to study the efficiency of operations based on developing a titration techniques of titration by using micro-scale criteria 75/75, 3) to study the achievement test after using of laboratory operations by developing a titration techniques based on the micro scale and 4) to study the students' satisfaction with the quality of laboratory by developing a titration techniques based on the microscale. A microscale titration was verified by comparing the results with those obtained by classical titration and autotitration method. Laboratory study module was developed for acid-base microscale titration. The effective ness of laboratory for acid–base microscale titration was determined by measuring pre/post test. Satisfaction of the students with 5 E process studying was also evaluated. The development of laboratory study module was tried out with high school students who have experience in the classical titration. The science classes in 12 schools with a total of 370 students in Phitsanulok province were randomed sampling. The achievement test of 4 aspects i.e. knowledgement, comprehension, scientific inquiry process, and scientific application was investigated. The results showed that the developed laboratory process can reduce the use of chemical for 10 times to the classical titration. The concentration of the analytes determined by 3 different methods was not different significantly. Relative standard deviation of the proposed method was in the

acceptable range. The post-test scores of students were significantly higher than the obtained for pre-test at 0.05 level. The satisfaction laboratory studying was found to be good. Therefore the proposed laboratory was used for the study in acid-base titration in science classes. This method is also friendly to environment.

Keywords: Titration, Microscale Technique, Science Classes

บทนำ

การเรียนการสอนของไทยในสถาบันการศึกษาทุกระดับตั้งแต่ระดับอนุบาล จนถึงมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่เน้นการถ่ายทอดเนื้อหาในห้องเรียนและท่องจำจากตำราเป็นใหญ่ทำให้ผู้เรียนขาดประสบการณ์และการศึกษาจากความเป็นจริงที่อยู่รอบๆ ตัว ขาดการคิดวิจารณญาณ ขาดการนำเอาประสบการณ์และข้อมูลมาสังเคราะห์ให้เป็นปัญญาที่สูงขึ้น การเรียนโดยวิธีนี้จริยธรรมจึงไม่เกิด เพราะจริยธรรมเกิดจากความเข้าใจโลกและเข้าใจตัวเองอย่างลึกซึ้ง (ประเวศ วะสี, 2541) ได้เสนอว่าการศึกษาที่ดีควรจะสร้างคนให้ฉลาด เป็นคนดีและมีความสุข กระบวนการเรียนรู้ ควรเน้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ วิธีเรียนและสามารถเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มาเป็นยุทธศาสตร์การจัดการศึกษาในอนาคต การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์รวมทั้งวิชาเคมี การปฏิบัติการทดลองเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนการสอนวิชาเคมี ช่วยให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ จากการค้นคว้าทดลองและการอภิปรายโดยใช้เหตุผล ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูใช้คำถามเชื่อมโยง โยงความคิดประกอบกับการเปิดโอกาสให้ทำการทดลอง เป็นวิธีการเสริมสร้างให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ข้อเท็จจริงและพิสูจน์ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนากระบวนทักษะทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เช่น การจัดอุปกรณ์ การใช้อุปกรณ์ในการทดลอง การสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูล การสรุปผลและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) การปฏิบัติการจึงเป็นวิธีสอนวิธีหนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แต่ด้วยเหตุผลความปลอดภัยต่อผู้ทำการทดลองและสิ่งแวดล้อม จึงมีความพยายามคิดหาวิธีในการออกแบบการทดลอง เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย นอกจากจะเป็นเทคนิควิธีที่สะอาดแล้ว ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทดลองปัจจุบันการเรียน การสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีในมหาวิทยาลัย สำหรับนักศึกษาที่เรียนพื้นทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละภาคเรียนมีผู้ลงทะเบียนเป็นจำนวนมาก ได้มาทำปฏิบัติการในวิชาเคมี ในการทดลองแต่ละครั้งได้ใช้สารเคมี เครื่องแก้ว น้ำไฟฟ้า และเวลาจำนวนมาก ทำให้สิ้นเปลืองและเสียค่าใช้จ่ายสูง ประกอบกับปัจจุบันสารเคมีได้มีราคาแพงขึ้นมาก เมื่อเทียบกับงบประมาณที่รับอันตรายจากสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อผู้เรียน

ผู้ปฏิบัติงาน และผู้สอนรวมทั้งสิ่งแวดล้อมและค่ากำจัดสารเคมีที่อันตรายหลังใช้ นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไปเป็นอย่างมาก

การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล (Microscale Experiment) เป็นการทดลองวิธีหนึ่งที่ใช้สารเคมีน้อยและใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กลง โดยผลการทดลองและผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้เท่าหรือใกล้เคียงกับการทดลองมาตรฐานทั่วไป (Standard Scale) ประโยชน์ของการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมีหลายด้านเมื่อเทียบกับการทดลองมาตรฐานทั่วไป (ศุภวรรณ ตันยานนท์, 2554) คือ 1) ด้านความปลอดภัย เทคนิคดังกล่าวมีความปลอดภัยกว่าเนื่องจากการใช้สารปริมาณน้อยในการทำการทดลอง ถ้าเกิดปัญหาขึ้น เช่น การลุกไหม้ การระเบิด ก็จะไม่รุนแรงมาก 2) ด้านค่าใช้จ่าย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมี ปริมาณการซื้อสารเคมีและอุปกรณ์ในการทดลองลดลง 3) ด้านเวลาทำให้ประหยัดเวลา เวลาที่ใช้ในการเตรียมสารก่อนทำการทดลอง เวลาที่ใช้ในการทดลองรวมถึงการทำความสะอาดอุปกรณ์ในการทดลองจะใช้เวลาน้อยลง 4) ด้านสิ่งแวดล้อม การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลนี้ ส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมเพราะการใช้ปริมาณสารเคมีลดลง ทำให้เกิดของเสียที่เกิดจากการการทดลองน้อยลง 5) ด้านการเรียนรู้ทำให้ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพราะการทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการทำการทดลองด้วยตนเอง เกิดทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหา (ยุทธพงษ์ อุดแน่น และคณะ, 2545) นอกจากนี้การใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กทำให้ผู้เรียนรู้สึกสนุกในการทดลองมากขึ้น (Wooster, 2007)

ด้วยเทคนิคไมโครสเกลมีข้อดีหลายประการ ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่ศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์ในการไทเทรตในระดับไมโครสเกล ในการสอนวิชาปฏิบัติการเคมี เนื่องจากบางปฏิบัติการ มีการใช้สารเคมีในปริมาณมากและสารบางตัวมีราคาแพง เช่น $AgNO_3$ ปริมาณเพียง 100 กรัม ราคาสูงถึง 4,000 บาท และสารเคมีบางตัวมีอันตรายสูงมากต่อผู้ทำการทดลอง เช่น ไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene) ซึ่งสามารถทำลายตับไตและระเหยได้ง่าย ทำให้เกิดการระคายเคืองในปอดและระบบหายใจ และสารเคมีบางตัวถูกปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการปนเปื้อนและส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารและการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศน์ และเสียค่าใช้จ่ายสูงในการกำจัดของเสียเหลือใช้ ซึ่งหากนำเอาหลักการดังกล่าวไปใช้ได้จริง ก็น่าจะเป็นประโยชน์ในวงกว้างและนำไปปรับปรุงการเรียนการสอน นำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะได้ถ่ายทอดสู่โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เกี่ยวข้องต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาชุดการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นจากการพัฒนาชุดการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการใช้บทปฏิบัติการด้วยชุดการไทเทรตด้วยหลักการไมโครสเกล

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคุณภาพของบทปฏิบัติการด้วยชุดการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ศึกษาในการวิจัย

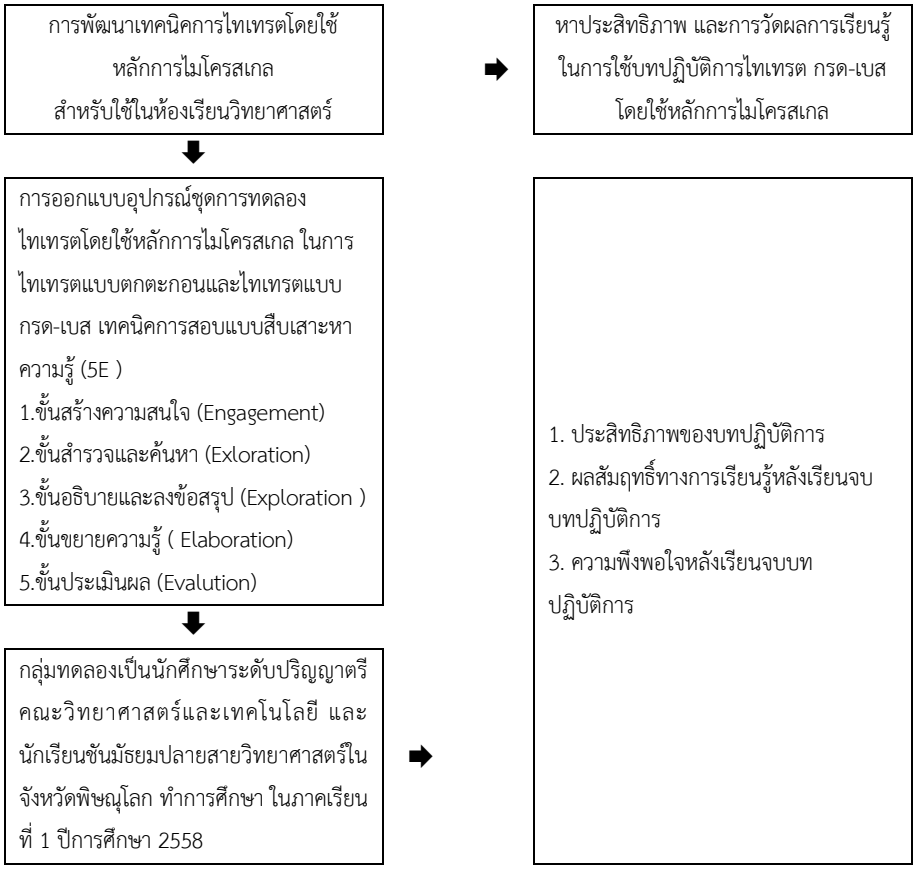
คือ กลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่เรียนเรื่องการไทเทรตกรด-เบส ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ปีการศึกษา 2557 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสายวิทยาศาสตร์โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 12 โรงเรียน จำนวน 370 คน ปีการศึกษา 2558

2. ตัวแปรการวิจัย

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ บทปฏิบัติการสอนชุดการไทเทรต ได้แก่ การไทเทรตแบบดั้งเดิมและการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล

2.2 ตัวแปรตาม ปริมาณสารเคมี เวลาที่ทำปฏิบัติการทดลอง ความเข้าใจในหลักการ และความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์และทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

การพัฒนาชุดอุปกรณ์การไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล โดยผู้วิจัยได้พัฒนาชุดไมโครบิวเรต เพื่อใช้แทนบิวเรตโดยใช้บอกฉีดยาพลาสติกขนาด 5 ml เชื่อมกับหลอดฉีดยา ขนาด 1 ml โดยมีจุดเด่นเป็นอุปกรณ์การทดลองที่ใช้สารเคมีน้อย ประมาณ 0.5–1 ml ภาชนะที่ใช้เป็นพลาสติก มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา คงทนต่อการใช้และมีความสะดวกในการจัดเก็บ ราคาถูก และทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของการทดลองการไทเทรตตกตะกอนและกรด-เบส ให้เหมาะสมกับนักศึกษาและเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานอื่นอีก 2 วิธี คือแบบดั้งเดิม (ดังภาพ ก) และเครื่องออโตโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชัน (ดังภาพ ข)

ภาพ ก วิธีแบบดั้งเดิม

ภาพ ข วิธีออโตโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชัน

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการการไทเทรตกรด-เบสด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล

การเรียนการสอนในระดับโรงเรียนมัธยม มีการเรียนการสอนเคมีในเรื่องกรด-เบส ผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้หลักการไมโครสเกล ในเรื่องเทคนิคการไทเทรตกรด-เบส โดยอาศัยหลักการไมโครสเกลและทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมกับนักศึกษาตรวจสอบความชัดเจนของผลการทดลอง

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าบทปฏิบัติการใช้เวลาทดลองไม่เกิน 12 นาที โดยสามารถล้างเก็บอุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลองได้อย่างสะดวกและเก็บได้ง่ายประหยัดพื้นที่เก็บ ทำให้มีเวลามากพอในการอภิปรายผลและสรุปผลร่วมกันในชั้นเรียน หรือทำการทดลองใหม่ได้ถ้าผลไม่ชัดเจน เพราะการทดลองใช้สารเคมีน้อยและรวดเร็ว

เมื่อตรวจสอบวิธีการทดลองและผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้วผู้วิจัยนำรวบรวมเป็นรายละเอียดของบทปฏิบัติการ เรื่องการไทเทรตกรด-เบสด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลโดยอาศัยองค์ประกอบ ในบทปฏิบัติการดังนี้

1. จุดประสงค์
2. หลักการ
3. สารเคมีและอุปกรณ์
4. วิธีทดลอง
5. ตารางบันทึกผลการทดลอง
6. สรุปผลการทดลอง
7. แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

นำเอาบทปฏิบัติการเรื่องเทคนิคการไทเทรตกรด-เบสด้วยเทคนิคการไทเทรต โดยใช้หลักการไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมาทำการศึกษานำร่องกับนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 กลุ่มอื่นที่

ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 2 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการสอนด้วยตนเอง เพื่อหาความเหมาะสมในการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการดังกล่าว

3. การสร้างเครื่องมือในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

การศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการเรื่องเทคนิคการไทเทรตกรด-เบส ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลในหลักสูตรวิชาเคมี ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลทางการเรียนเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 5 ด้าน ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการนำเอาความรู้ทางกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ ผู้วิจัยสร้างข้อสอบจำนวน 15 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จากการประเมินความรู้ทั้ง 4 ด้าน ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการนำเอาความรู้ทางกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้

2) สร้างข้อสอบที่สอดคล้องกับคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ ในการสร้างคำถามมีความชัดเจน ใช้ภาษาง่ายในการเขียนเป็นประโยคบอกเล่า แต่ละคำถามจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ส่วนตัวเลือกจะเป็นประเด็นเรื่องเดียว มีความยาวใกล้เคียงกันและมีการกระจายคำตอบของข้อสอบทั้งฉบับให้มีสัดส่วนของแต่ละตัวเลือกใกล้เคียงกัน

3) พิจารณาคุณภาพของข้อสอบให้ครอบคลุมทั้งปัญหาและคำถาม ตัวเลือกและเหตุผลในการสร้างตัวเลือก รวมทั้งคำตอบที่ถูกต้อง

4) เกณฑ์การให้คะแนน ตอบถูก 1 คะแนน ตอบผิด 0 คะแนน

5) การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำไปประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา ได้ผล ค่า IOC อยู่ในระหว่าง 0.5 1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2. แบบประเมินความพึงพอใจได้ปรับปรุงแบบประเมินความพึงพอใจ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบสอบถามของ พล คำปังสุ์ และคณะ (2543) มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า (Rating scale) ให้เลือกตอบตามความจริง หลังจากที่ได้ศึกษาบทปฏิบัติการแล้ว โดยมีคำตอบให้เลือก 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด เมื่อเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการให้ผู้เรียนทำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจและนำข้อมูลมาดำเนินการตรวจให้คะแนน

4. การนำบทปฏิบัติการการไทเทรตกรด–เบส ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองและการประเมินผล

4.1 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมปลายสายวิทยาศาสตร์ในจังหวัดพิษณุโลก ที่ได้รับการสุ่มแบบเจาะจง โดยเป็นนักเรียนที่เคยเรียนเรื่องการไทเทรตกรด-เบส ที่เคยใช้อุปกรณ์การทดลองแบบแมคโครสเกลมาแล้ว จำนวน 12 โรงเรียน จากโรงเรียนขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง 3 โรงเรียน และเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก 8 โรงเรียน (จากจำนวนโรงเรียน ทั้งหมด 36 โรงเรียน เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ 3 โรงเรียน ขนาดกลาง 9 โรงเรียน และขนาดเล็ก 24 โรงเรียน

2) เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการทดลอง รายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส

3) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองจำนวน 1 ภาคเรียน ปีการศึกษา 2558 โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง

4) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองแบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design ดังแสดงในแผนผังต่อไปนี้

แผนผังแสดงแบบแผนการทดลอง

ก่อนปฏิบัติการ	ทดลอง	หลังปฏิบัติการ
Treatment (T_1)	X	T_2

T_1 แทนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนใช้บทปฏิบัติการ

T_2 แทนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังใช้บทปฏิบัติการ

X แทนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ

4.2 ระยะเวลา

ดำเนินการวางแผนการทดลอง การสร้างบทปฏิบัติการ การออกแบบอุปกรณ์ การตรวจสอบอุปกรณ์ การสร้างแบบทดลอบ และการสร้างเครื่องมือวัดผล ดำเนินการทดลองใช้เครื่องมือกับกลุ่มทดลอง และปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือ ในปีการศึกษา 2556-2557 ทำการทดลองในภาคสนามและวิเคราะห์ผลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นดังนี้

1) ก่อนเรียนบทปฏิบัติการแต่ละบทให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้เป็นการประเมินตนเองก่อนเรียน

2) เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการตามบทปฏิบัติการให้ผู้เรียนทำแบบแบบทดสอบวัดความรู้ ความเข้าใจ เป็นการประเมินตนเองหลังเรียน

3) นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาความแตกต่างด้วยค่า (t-test)

4) เมื่อเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบถามวัดความพึงพอใจและนำข้อมูลมาดำเนินการดังนี้

4.1 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ

4.2 วิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test for dependent

4.3 วิเคราะห์ผลการสอบถามความพึงพอใจโดยการหาค่าเฉลี่ยค่า ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

4.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1) สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความเชื่อมั่นหรือความเที่ยง (Reliability) ของเครื่องมือวิจัย

2) ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ คำนวณจากสูตร $E_1 : E_2$

$$E_1 = \frac{\sum x/N}{A} \times 100$$

เมื่อ E1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ (ระหว่างการใช้บทปฏิบัติการ)

$\sum x$ = คะแนนรวมของการทำบทปฏิบัติการ หรือคะแนนจากรายงานผลการศึกษาหรือคะแนนกระบวนการ

A = คะแนนเต็มของการทำบทปฏิบัติการหรือจากรายงานผลการศึกษา

N = จำนวนนักศึกษา

$$E_2 = \frac{\sum F/N}{A} \times 100$$

เมื่อ E_2 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ (ระหว่างการใช้บทปฏิบัติการ)

$\sum F$ = คะแนนรวมของการทำบทปฏิบัติการ คะแนนจากรายงานผลการศึกษาหรือคะแนนกระบวนการ

A = คะแนนเต็มของการทำบทปฏิบัติการหรือจากรายงานผลการศึกษา

N = จำนวนนักศึกษา

เกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ ± 5 %

3) การทดสอบความแตกต่างระหว่างก่อนใช้บทปฏิบัติการและหลังใช้บทปฏิบัติการด้วยค่า (t-test)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

$\sum D$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนการใช้บทปฏิบัติการและหลังการใช้บทปฏิบัติการแต่ละคู่

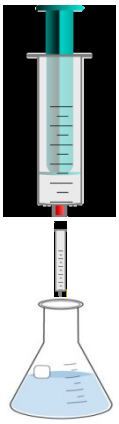
$\sum D^2$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนการใช้บทปฏิบัติการและหลังการใช้บทปฏิบัติการแต่ละคู่ที่ยกกำลังสอง

N = จำนวนนักศึกษา

ผลการทดลอง

1. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์และทดสอบอุปกรณ์

ในขั้นนี้ได้ทำการพัฒนาและออกแบบอุปกรณ์เทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลโดยผู้วิจัยได้พัฒนาไมโครบิวเรตเพื่อใช้แทนบิวเรต โดยใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 1 ml เชื่อมต่อกับกระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 5 ml เป็นตัวควบคุมการปล่อยสาร และใช้ขวดรูปชมพู่ขนาด 25 ml (ดังภาพ 2) เป็นตัวรับสารและการเกิดปฏิกิริยา โดยมีจุดเด่นเป็นการทดลองที่ใช้สารเคมีน้อยประมาณ 0.05–5 ml ภาชนะที่ใช้เป็นพลาสติกคงทนต่อการแตก มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาสะดวกในการใช้ สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายมีความสะดวกในการจัดเก็บ ไม่เปลืองเนื้อที่ราคาถูก หรืออาจเป็นวัสดุเหลือใช้บางชนิดที่เลือกมาใช้ในการทำการทดลอง แล้วนำอุปกรณ์ชุดดังกล่าวไปทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของการทดลองให้เหมาะสมกับนักศึกษาและตรวจสอบผลความถูกต้องชุดการไทเทรตด้วยหลักการไมโครสเกลเทียบกับวิธีมาตรฐานคือการไทเทรตแบบดั้งเดิม และการไทเทรตโดยใช้เครื่องออโตโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชันมาเปรียบเทียบผลความเข้มข้นของสาร



5 ml Plastic Syring

1 ml Plastic Syring

25 ml Connical Flask

ภาพ ข ชุดไมโครบิวเรตที่พัฒนาขึ้น

2. การทดลองการไทเทรตด้วยเทคนิคการไทเทรต โดยหลักการไมโครสเกล เปรียบเทียบกับวิธีไทเทรตแบบดั้งเดิม และแบบใช้เครื่องออโตโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชันเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำประปา การหาปริมาณความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกได้ผลดังตาราง 1 และ 2

ตาราง 1 ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารตัวอย่างและสารละลายที่ใช้ในการไทเทรตและความเข้มข้นของ Cl^- ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลแบบดั้งเดิมและออโตโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชันในน้ำประปา

พารามิเตอร์ต่างๆ การหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำประปา	การไทเทรตโดยหลักการแมคโครสเกล	การไทเทรตโดยหลักการแมคโครสเกล	ออโตโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชัน
สารตัวอย่าง (ml)	1.00	10.00	50.00
$AgNO_3$ (ml)	0.050	0.53	12.40
ความเข้มข้นของ Cl^- (M)	0.0026	0.0027	0.0027
SD	0.045	0.0001	-
%RSD	18.36	3.59	-
เวลา (นาที)	**12**	**15**	**3**

ตาราง 2 ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารตัวอย่างและสารละลายที่ใช้ในการไทเทรตและความเข้มข้นของ HCl ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล การไทเทรตแบบดั้งเดิมและโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชัน ในสารตัวอย่าง

พารามิเตอร์ต่างๆ การหาปริมาณคลอไรด์ในเครื่องดื่มเกลือแร่	**การไทเทรตโดยหลักการไมโครสเกล**	**การไทเทรตโดยหลักการแบบดั้งเดิม**	**โพเทนชิโอเมทริกไทเทรชัน**
สารตัวอย่าง (ml)	1.00	10.00	25.00
NaOH (ml)	0.98	9.81	24.93
ความเข้มข้นของ HCl (M)	0.098	0.098	0.099
SD	0.0133	0.0419	0.0042
%RSD	1.49	4.27	0.42
เวลา (นาที)	**12**	**15**	**3**

ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ชุดการทดลองด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานการไทเทรตแบบดั้งเดิม และใช้เครื่องออโตโพเทนชิโอเมทริกไทเทรชัน แล้วหาปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำประปาและกรดไฮโดรคลอริก พบว่าปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์และกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในระดับค่าที่ยอมรับได้ การไทเทรตโดยใช้ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลใช้สารเคมีน้อยกว่าการไทเทรตแบบแมคโครสเกล 10 เท่า

3. ผลศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นจากการพัฒนาชุดการไทเทรตกรด-เบส ด้วยเทคนิคการไทเทรต โดยใช้หลักการไมโครสเกลตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่นำบทปฏิบัติการไปทดลองใช้ในโรงเรียนต่างๆ ในกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 3 ค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการและความก้าวหน้าในการใช้บทปฏิบัติการของแต่ละโรงเรียน

ชื่อโรงเรียน	ค่าประสิทธิภาพ (E_1 : E_2)	ร้อยละความก้าวหน้าในการใช้บทปฏิบัติการ
พิษณุโลกพิทยาคม	89.06 : 85.50	18.00
เตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ	88.33 : 82.80	15.80
บางกระทุ่มวิทยาคม	83.50 : 77.90	28.00
เนินมะปรางศึกษา	86.00 : 76.46	27.30
ท่าทองพิทยาคม	82.80 : 71.86	21.00
วังทองพิทยาคม	84.13 : 70.00	18.60
วัดโบสถ์ศึกษา	88.00 : 78.66	26.00
เนินสะอาดพิทยาคม	76.33 : 71.11	16.06
ไทรย้อยพิทยาคม	82.06 :71.00	23.00
วังโพงพิทยาคม	84.60 : 77.00	28.40
บางระกำพิทยาคม	85.30 : 77.40	30.00
วังน้ำคู้พิทยาคม	80.73 : 77.40	29.53

ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาค่า E_1 : E_2 =75 : 75 โดยยอมรับประสิทธิภาพมีค่าเบี่ยงเบนได้ ± 5% จากเกณฑ์พิจารณาดังกล่าวเห็นว่าบทปฏิบัติการดังกล่าวมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทั้งกระบวนการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความก้าวหน้าของผู้เรียนที่ใช้บทปฏิบัติการอยู่ในช่วง 15.80–30.00%

4. ผลศึกษาค่าสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังจากการใช้บทปฏิบัติการด้วยพัฒนาด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลที่นำบทปฏิบัติการไปทดลองใช้ในโรงเรียนต่างๆ ในกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนใช้บทปฏิบัติการและหลังใช้บทปฏิบัติการ

นักเรียนตัวอย่าง	ผลการทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig.
รวม	ก่อน	370	8.04	1.75	37.18 *	0.00
	หลัง	370	11.29	1.55		

จากตาราง 4 พบว่าผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการใช้บทปฏิบัติการ พบว่ามีความแตกต่างกันโดยหลังการใช้บทปฏิบัติการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

5. ผลศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคุณภาพของบทปฏิบัติการด้วยการพัฒนาชุดการไทเทรตด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลที่นำบทปฏิบัติการไปทดลองใช้ในโรงเรียนต่างๆ ในกลุ่มตัวอย่าง

ผลศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคุณภาพของบทปฏิบัติการด้วยการพัฒนาชุดการไทเทรตด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลผลดังตาราง 5

ตาราง 5 ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทปฏิบัติการการไทเทรตกรด-เบสด้วยเทคนิคการ ไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล

หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	ความพึงพอใจ
1. วัตถุประสงค์ของบทปฏิบัติการชัดเจนเข้าใจง่าย	4.42	0.860	มาก
2. ขั้นตอนในการใช้บทปฏิบัติการบอกไว้ชัดเจน	4.20	0.755	มาก
3. การนำเสนอเนื้อหาง่าย กระชับและชัดเจนดี	4.48	0.500	มาก
4. ท่านเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในบทปฏิบัติการนี้ดี	4.37	0.786	มาก
5. บทปฏิบัติการนี้ช่วยให้ท่านเกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล	4.44	0.755	มาก
6. ชุดอุปกรณ์มีความสะดวกใช้งานได้ง่าย	4.19	0.601	มาก
7. ท่านมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลอง	4.27	0.352	มาก
8. ชุดอุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.42	0.823	มาก
9. ชุดอุปกรณ์มีความสะดวกในการล้างทำความสะอาด	4.51	0.726	ดีมาก
10 ชุดอุปกรณ์สามารถลดของเสียสู่สิ่งแวดล้อมได้	4.55	0.460	ดีมาก
11 ชุดอุปกรณ์สามารถลดเวลาในการทดลอง	4.59	0.447	ดีมาก
12. คำถามที่ใช้เข้าใจง่ายและสามารถหาคำตอบได้	4.52	0.699	ดีมาก
13. เวลาที่กำหนดให้พอดีไม่มากหรือไม่น้อยเกินไป	4.56	0.668	ดีมาก
14. คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	4.51	0.462	ดีมาก
15 แบบทดสอบครอบคลุมกับวัตถุประสงค์	4.45	0.707	ดีมาก

จากตาราง 5 พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการ ในระดับมากทุกข้อ นั่นคือเนื้อหาของบทปฏิบัติการ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและแบบบันทึกผลการทดลองและแบบทดสอบทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายและผู้เรียนสามารถตอบคำถามและปฏิบัติได้

สรุปผลและอภิปรายผล

1. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์และทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ผลการพัฒนาชุดอุปกรณ์และการทดสอบการใช้ชุดอุปกรณ์ ในการไทเทรตกรด-เบส ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล ผลการศึกษาพบว่าชุดอุปกรณ์การไทเทรตกรด-เบส ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลสามารถลดการใช้สารเคมีลงได้ 10 เท่า เมื่อเทียบกับการไทเทรตแบบดั้งเดิม และพบว่าปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์ และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่วิเคราะห์มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบการไทเทรตแบบดั้งเดิมและวิธีออโตโพเทนซิโอเมทริกไทเทรชัน และโพเทนซิโอเมทริกไทเทรชัน

2. การนำบทปฏิบัติการโดยอาศัยหลักการไมโครสเกล ทดลองใช้กับกลุ่มทดลองและการวัดผลประเมินผลผลการศึกษาดังนี้

1. ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาค่า $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยยอมรับประสิทธิภาพมีค่าเบี่ยงเบนได้ ± 5% จากเกณฑ์พิจารณาดังกล่าว พบว่าบทปฏิบัติการมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทั้งกระบวนการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการใช้บทปฏิบัติการ พบว่าทุกโรงเรียนมีความแตกต่างกันโดยหลังการใช้บทปฏิบัติการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

3. ผู้เรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการในระดับมากทุกข้อ นั่นคือเนื้อหาของบทปฏิบัติการ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและแบบบันทึกผลการทดลองและแบบทดสอบ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายและผู้เรียนสามารถตอบคำถามและปฏิบัติได้

ผลการพัฒนาชุดอุปกรณ์และการทดสอบการใช้ชุดอุปกรณ์ ในการไทเทรตกรด-เบส ด้วยเทคนิคการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกล พบว่าชุดอุปกรณ์ในการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลสามารถลดการใช้สารเคมีลงได้ 10 เท่า เมื่อเทียบกับการไทเทรตแบบดั้งเดิม และพบว่าปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์และกรดไฮโดรคลอริกที่ได้สอดคล้องกับการทดลองตามมาตรฐานที่นิยมใช้กันและมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนงค์ ศรีโสภา (2555) พบว่าการทดลองเรื่องการไทรเทรตโดยใช้เทคนิคไมโครสเกลแทนทำการทดลองแบบแมคโครสเกล ซึ่งเป็นการทดลองที่ได้มาตรฐาน พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในระดับมากและสามารถลดปริมาณสารเคมีลงได้อย่างน้อย 10 เท่า ทำให้นักศึกษามีความเข้าใจถึงหลักการและการคำนวณในเรื่องการไตรเตรทอยู่ในระดับมาก เวลาที่ใช้

ไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ John et al., (2003) พบว่าการวิเคราะห์ปริมาณความกระด้างของน้ำ โดยใช้หลักการไมโครสเกลไทเทรชัน โดยการหาปริมาณน้ำกระด้างด้วยวิธีแมคโครสเกลและไมโครสเกล โดยวิธีแมคโครสเกลใช้บิวเรต 50 มิลลิลิตร และไมโครสเกลใช้ไมโครบิวเรต 2 มิลลิลิตร ผลการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นทั้งสองวิธีต่างกัน 0.0001 โมล และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในทั้งสองอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ และสามารถลดปริมาณสารเคมี และสอดคล้องกับงานของ ธีรศักดิ์ โรจนราธา และวรายุทธ์ สะโจมแสง (2554) ได้ การออกแบบและปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์แบบย่อส่วน พบว่าสามารถลดปริมาตรของปฏิกิริยาลงให้เหลือน้อยกว่า 2 มิลลิลิตร จึงนับได้ว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ ประหยัดสารเคมี ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย เพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ปฏิบัติงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นแบบอย่างในการเสริมสร้างจิตสำนึกให้กับผู้ปฏิบัติงานด้านเภสัชวิเคราะห์ เคมีวิเคราะห์ รวมทั้งด้านอื่นๆ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การพัฒนาและสังคมที่ยั่งยืน

การนำเอาบทปฏิบัติการการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้เรียนบทปฏิบัติการการไทเทรตโดยใช้หลักการไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้บทปฏิบัติการ พบว่าผลการเรียนมีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทปฏิบัติการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 ซึ่งจากผลการเรียนดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัย Wooster (2007) ที่พบว่าการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลใช้ได้กับผู้เรียนทุกวัยทั้งกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน ทำให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างอิสระทุกคนมีโอกาสทำการทดลองและใช้เวลาในการทดลองไม่นาน ทำให้มีเวลามากพอสำหรับการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนและผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองมาตรฐานที่นิยมใช้กัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยยศ จันทร์แก้ว (2556) ที่ได้พัฒนาปฏิบัติการเคมีสีเขียว โดยปรับปรุงบทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวัดเจตคติของนักศึกษาที่ใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนและแบบที่ใช้โดยทั่วไป พบว่านักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อบทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน และช่วยให้เกิดความรู้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการ พบว่าอยู่ในระดับดีทุกข้อ นั่นคือเนื้อหาของบทปฏิบัติการ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและแบบบันทึกผลการทดลองและแบบทดสอบ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายและผู้เรียนสามารถตอบคำถามและปฏิบัติได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Eggen & Kvittingen (2004) สร้างชุดการทดลองไมโครสเกล เรื่องการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าเป็นเครื่องมืออย่างง่าย ราคาถูก สังเกตจากการทดลองเห็นได้อย่างชัดเจน ทำให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมพึงพอใจในการทำการทดลอง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยยศ จันทร์แก้ว (2556) ที่วัดเจตคติ

ของนักศึกษาที่ใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนและแบบที่ใช้โดยทั่วไป พบว่านักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อบทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไป

การพัฒนาชุดอุปกรณ์รวมถึงบทปฏิบัติการไมโครสเกล จำเป็นต้องทดลองปฏิบัติการก่อนนำไปสอนจริง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความชัดเจนผลการการทดลองและเป็นการปรับวิธีการทดลองและภาษาให้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียนก่อนนำไปใช้จริง

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ควรพัฒนาเครื่องมือแล้วปรับปรุงเป็นบทปฏิบัติการในหัวข้ออื่นๆ ต่อไปให้หลากหลายมากขึ้น เช่น สมดุลเคมี สมบัติธาตุตามตารางธาตุ

เอกสารอ้างอิง

ชัยยศ จันทร์แก้ว. (2556). *การพัฒนาปฏิบัติการเคมีสีเขียว โดยปรับปรุงบทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน*. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน.

ธีรศักดิ์ โรจนราธา และวรายุทธ์ สะโจมแสง. (2554). *การออกแบบการไทเทรตระดับไมโครสเกลที่ใช้ในการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมประหยัดน้ำยา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ประเวศ วะสี. (2541). *ปฏิรูปการศึกษาไทยยกเครื่องทางปัญญาทางรอดหายานะ*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิศรีสฤษดิ์วงค์.

เพชรวิไล ขัตติยวงษ์ และปุริม จารุจำรัส. (2557). *พัฒนาชุดการทดลองเซลล์กัลป์วานิกแบบย่อส่วนและต้นทุนต่ำเพื่อเป็นอุปกรณ์ในกาสอนเคมีไฟฟ้า*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

พล คำปังสุ์. (2543). *คู่มือการรวบรวมข้อมูล (โครงการประเมินชุดสอนฟิสิกส์พื้นฐาน)*. เลย: สถาบันราชภัฏเลย.

ยุทธพงษ์ อุดแน่น รัตนา สนั่นเมือง และวิภา เชื้อชวด. (2545). การพัฒนาชุดการทดลองแบบไมโครสเกลเพื่อใช้ในวิชาเคมีระดับมหาวิทยาลัย. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 10* (1), 17-26.

ศุภวรรณ ตันตยานนท์. (2554). *ชุดปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ขนาดเล็กระดับมหาวิทยาลัย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

อนงค์ ศรีโสภา. (2555). *การไทรเทรตโดยใช้เทคนิคไมโครสเกลแทนทำการทดลองแบบแมคโครสเกล*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

Eggen, Per-Odd & Kvittingen, Lise. (2004) A Small-Scale and Low-Cost Apparatus for the Electrolysis of Water. *Journal of Chemical Education*, *81*(9), 1337-1338.

John N. Richardson, Mark T. Stauffer & Jennifer L. Henry. (2003). Microscale Quantitative Analysis of Hard Water Samples Using an Indirect Potassium Permanganate Redox Titration. *Journal Chemical Education*, *80*(1), 65.

Wooster, Mike. (2007). Microscale Chemistry. *Journal Chemical education*, *44*(2), 45-47.