

การศึกษานิยมติทางการเรียน เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง

**A Study of Titration Conception of Grade 12 Students Studied With
a Virtual Experimental Program**

ฉัตรวิมล ทาระเนตร์ และ อัมพร วัจนะ

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Chatwimon Taranate and Umporn Wutchana

Ramkhamhaeng University, Thailand

Corresponding Author, E-mail: 6212440003@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการทดลองเสมือนจริง วิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อเปรียบเทียบนิมติของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหาร โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียนที่เรียนโดยใช้การทดลองเสมือนจริง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) บทเรียนโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต 2) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การไทเทรต 3) แบบวัดนิมติทางการเรียน เรื่อง การไทเทรต ที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 โดยใช้รูปแบบแผนการทดลองรูปแบบ Randomized Group, Pretest-Posttest Design 3) แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนซึ่งมีการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า นิมติทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริงก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.55 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.49 โดยนิมติทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61

คำสำคัญ: การทดลองเสมือนจริง; ความพึงพอใจ; การไทเทรต

Abstracts

The purposes of this research were 1) to develop the construction of a virtual experimental program in Chemistry Laboratory 3 on titration concept for grade 12 students, 2) to compare the titration concept of students as pre-test and post-test when studied with a virtual experimental program on titration concept for grade 12 students, 3) to study the satisfaction of those students to the virtual experimental program on titration concept for grade 12 students. The sample group for this study were grade 12 students in the second semester, academic year 2020 at Wat Sothon Wararam Worawihan School, one classroom that studied with a virtual experimental program, obtained by Cluster Sampling. The research instruments were 1) a virtual experimental program on titration concept, 2) titration lesson plans, 3) titration concept achievement tests with Reliability 0.85 based on Randomized Group, Pretest-Posttest Design. 4) students satisfaction assessment tools. Data analyzation calculated under mean, percentage, standard deviation and t-test dependent.

The research results found that titration concept of students, studied with a virtual experimental program, pre-test average score is 4.80, the standard deviation is 0.61 and post-test average score is 15.31, the standard deviation is 2.49 so post-test were higher than pre-test at statistical significance 0.05 level and satisfaction of the students to the virtual experimental program on titration was in high level which average score is 4.48 and the standard deviation is 0.61.

Keywords: Virtual Experiment Laboratory; Satisfaction; Titration

บทนำ

วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนบนโลกทั้งในการใช้ชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ รวมทั้งเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ล้วนเกิดจากวิทยาศาสตร์หรือเกิดจากการนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาด้านความรู้ วิธีคิด การคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ และช่วยให้มีทักษะในการค้นคว้าความรู้ใหม่ วิชาเคมีเป็นวิชาพื้นฐานสำคัญอีกสาขาวิชาหนึ่งสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ วิศวกรรมเทคนิคการแพทย์ สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง อย่างไรก็ตามวิชาเคมีมีเนื้อหาที่มีรายละเอียดค่อนข้างยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน ดังนั้นในการจัดเรียนการสอนจึงต้องมีการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าด้วยตนเอง หรือทำการทดลองควบคู่กันด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียน เรื่อง การไทเทรต ซึ่งตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2660 : 179) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดให้มีการเรียนเกี่ยวกับการไทเทรตเป็นเนื้อหาเพิ่มเติมในวิชาเคมี เนื่องจากมีเนื้อหาการเรียนรู้ที่หลากหลาย (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น

พื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2660 : 183) เนื้อหาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการคำนวณความเข้มข้นที่ใช้ในการไทเทรตและการปฏิบัติการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการไทเทรต มีปัญหาในการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองที่ไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้เรียน

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นสร้างการทดลองเสมือนจริงเพื่อให้นักเรียนได้รู้จักและลงมือทำการทดลองได้เองที่บ้าน โดยไม่จำเป็นต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง เพียงแต่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ก็สามารถทำได้ ช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงห้องทดลองให้กับนักเรียนมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาปฏิบัติการเคมี 3 เปลี่ยนแปลงรูปแบบการทดลองให้แปลกใหม่จากเดิมโดยการใช้การทดลองเสมือนจริง ที่มีการจัดการทดลองเหมือนห้องปฏิบัติการทดลองที่มีสภาพแวดล้อมที่จำเป็นและมีคุณภาพเช่นเดียวกับห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลองจริงทุกประการ แต่ไม่มีอาคาร สถานที่โดยได้นำ เรื่อง การไทเทรต มาพัฒนาให้มีการเรียนโดยใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เพื่อให้นักเรียนมองเห็นการเรียนการทดลองเป็นรูปธรรมมากขึ้น และได้ฝึกฝนการทำกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง รู้จักอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเพิ่มมนต์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง วิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อเปรียบเทียบมนต์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดโสธร-วรารามวรวิหาร จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 3 ห้องเรียน ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 112 คน ที่เรียนวิชาปฏิบัติการเคมี 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/7 โรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหาร จำนวน 35 คน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

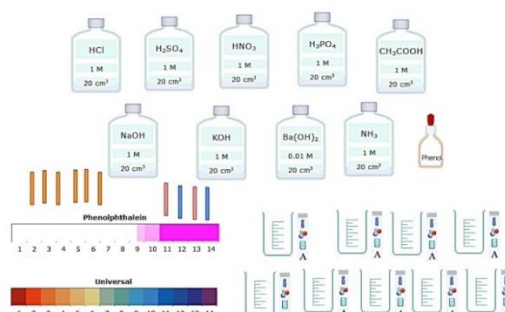
1. โปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ปฏิบัติการเคมี 3 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

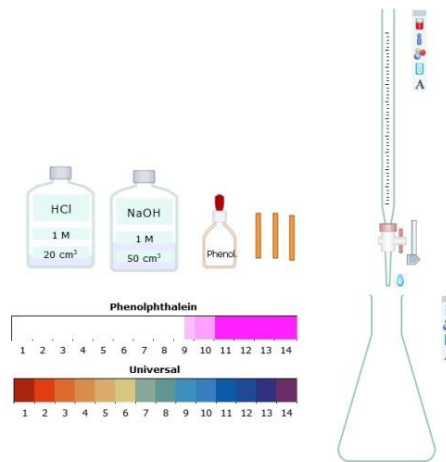
1.1 ศึกษาการสร้างการทดลองเสมือนจริง โดยใช้โปรแกรม Yenka (พจนานุกรม อาจสว่าง, 2558 : 48-49), (สุนิสา กะการดี, 2559 : 101-105) Yenka คือ โปรแกรมจำลองการทดลองทางวิทยาศาสตร์บนคอมพิวเตอร์ให้เสมือนการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการทดลองลดความเสี่ยงและอันตรายจากการใช้สารเคมีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถกำหนดเลือกใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีในโปรแกรมมาสร้างเพื่อใช้สำหรับเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้สอดคล้องกับเนื้อหาการทดลองที่ผู้วิจัยกำหนดได้ มีพื้นที่สำหรับการทดลองโดยนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมาทำการทดลองในพื้นที่ ส่วนที่กำหนดเพื่อการสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน นักเรียนทุกคนสามารถทำการทดลองได้จริง

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และออกแบบโครงสร้างของเนื้อหาการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต โดยมีเนื้อหา ดังนี้ 1) กรด – เบสในชีวิตประจำวัน 2) หลักการไทเทรต 3) การคำนวณ การไทเทรต 4) เทคนิคการไทเทรตและการไทเทรต 5) อินดิเคเตอร์

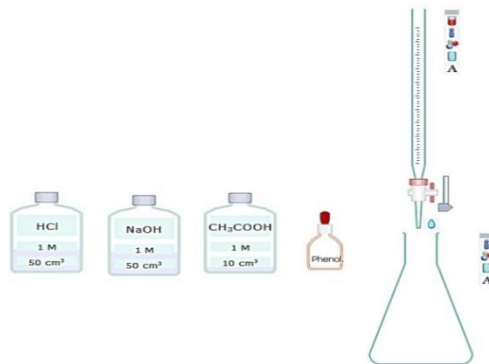
1.3 สร้างโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ตามเค้าโครงที่ออกแบบไว้ โดยใช้โปรแกรมYenka ออกแบบการทดลองให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่กำหนด โดยผู้วิจัยกำหนด อุปกรณ์การทดลอง และสารเคมีให้ผู้เรียน ผู้เรียนใช้เมาส์ในการหยิบเลือกเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และสารเคมีที่กำหนดให้ตามแบบรายงานการทดลองที่ผู้เรียนได้ศึกษามาแล้ว ผู้เรียนทำการทดลองตามขั้นตอนการทดลองที่บันทึกไว้ในแบบรายงานการทดลอง ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงพร้อมบันทึกผลการทดลอง และสังเกตปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง



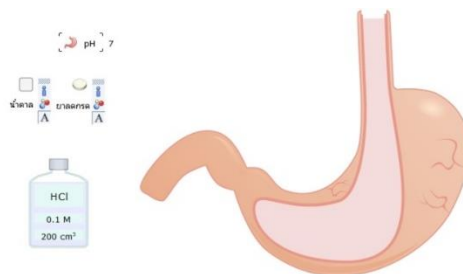
รูปที่ 1 กิจกรรมการทดลองกรด – เบสในชีวิตประจำวัน กำหนดอุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งสารเคมีที่กำหนดให้มีความเข้มข้นเท่ากัน ปริมาตรเท่ากัน สามารถทดสอบความเป็นกรด – เบส โดยใช้กระดาษลิตมัส กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ และสารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์



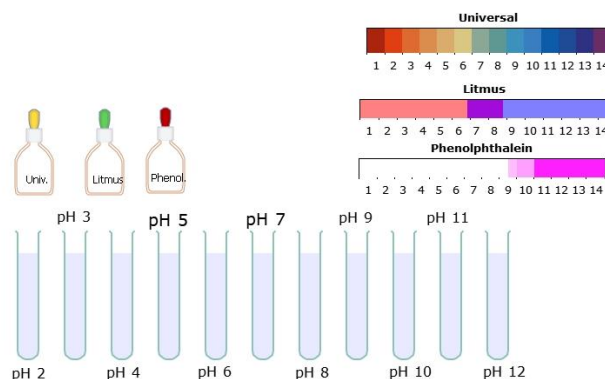
รูปที่ 2 กิจกรรมการทดลองหลักการไทเทรต กำหนดอุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตและสารเคมีที่มีสมบัติเป็นกรด และเบสให้มีความเข้มข้นเท่ากัน ใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์



รูปที่ 3 กิจกรรมการทดลองการคำนวณการไทเทรต กำหนดอุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตและสารเคมีที่มีสมบัติเป็นกรดแก่ กรดอ่อนและเบสแก่ให้มีความเข้มข้นเท่ากัน ทดลองระหว่างสารละลายกรดแก่ – เบสแก่ และกรดอ่อน – เบสอ่อน ใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์



รูปที่ 4 กิจกรรมการทดลองเทคนิคการไทเทรตและการไทเทรต กำหนดสารเคมีที่มีสมบัติเป็นกรดแก่ ยาลดกรด น้ำตาลและแบบจำลองกระเพาะอาหารของมนุษย์ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของกระเพาะอาหาร หากมีกรดมากเกินไป การรับประทานอาหารประเภทที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบมากๆและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น หลังจากการรับประทานยาลดกรด



รูปที่ 5 กิจกรรมการทดลองอินดิเคเตอร์ กำหนดสารเคมีที่มี pH ตั้งแต่ 2 – 12 ในหลอดทดลอง และ สารละลายอินดิเคเตอร์ซึ่งประกอบด้วยสารละลายลิตมัส สารละลายยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ และ สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ทดลองโดยการนำสารละลายอินดิเคเตอร์ใส่ในสารละลายที่มี pH 2 – 12 สังเกตสีที่เปลี่ยนแปลงไปของสารละลาย และเปลี่ยนสารละลายอินดิเคเตอร์

1.4 นำโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ที่สร้างเสร็จแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความสอดคล้องของการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต กับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำมา ทดลองหาประสิทธิภาพกับนักเรียน

1.5 หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และนำคะแนนมาหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 โดยนำไปทดลองใช้ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 42 คน ได้ผลการหาประสิทธิภาพดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต

วิชาปฏิบัติการเคมี 3

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนน ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (E1)	50	41.67	2.97	83.33
หลังเรียน (E2)	20	17.22	2.29	86.08

จากตารางที่ 1 สรุปผลการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต รายวิชาปฏิบัติการเคมี 3 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนเท่ากับ 41.67 จากคะแนนเต็ม 50 คิดเป็น

ร้อยละ 83.33 (E1 เท่ากับ 83.33) และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบวัดมโนคติทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ 17.22 จากคะแนนเต็ม 20 คิดเป็นร้อยละ 86.08 (E2 เท่ากับ 86.08) แสดงว่าประสิทธิภาพของ E1/E2 เท่ากับ 83.33/86.08 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

2. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การไทเทรต รายวิชาปฏิบัติการเคมี 3 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม การทดลองเสมือนจริง จำนวน 10 ชั่วโมง มีขั้นตอนในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์เนื้อหา วิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต (อ้างอิงเนื้อหาจากเคมี เล่ม 4 สสวท. 2563 : 1-60) เพื่อแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลา

2.2 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การไทเทรต จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กรด – เบสในชีวิตประจำวัน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง หลักการไทเทรต แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การคำนวณการไทเทรต แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคนิคการไทเทรต และการไทรต แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง อินดิเคเตอร์

2.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสม ของแผนการจัดการเรียนรู้ และนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาวิเคราะห์ ปรับปรุงแก้ไข

3. แบบทดสอบวัดผลมโนคติทางการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต มีขั้นตอนการสร้าง และหาคุณภาพดังนี้

3.1 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและจุดประสงค์การ เรียนรู้ด้านต่างๆ

3.2 สร้างแบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง การไทเทรต วิชาปฏิบัติการเคมี 3 แบบปรนัยชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

3.3 นำแบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง การไทเทรต วิชาปฏิบัติการเคมี 3 ที่สร้างขึ้นไปให้ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67-1.00 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (0.50 ขึ้นไป) ใช้ได้ทุกข้อ

3.4 นำแบบทดสอบมโนคติทางการเรียน มาจัดทำเป็นแบบทดสอบแล้วนำไปทดสอบกับนักเรียน โรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหาร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจ จำแนก (r) พบว่า ข้อสอบมาหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่าผ่านเกณฑ์ ระหว่าง 0.2 – 0.8 จำนวน 28 ข้อ และตัดข้อที่มีอำนาจจำแนกต่ำออก จึงตัดข้อสอบจำนวน 8 ข้อนี้ออกไปโดยพิจารณาค่า p และ r ที่ต่ำหรือสูงจนเกินไป

3.5 นำแบบวัดมโนคติทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนโรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหารที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ที่ผ่านการเรียน วิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต

มาแล้ว เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.85 (สนทยา บังพรม, 2558; 36-40)

4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง วิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

4.1 สร้างแบบวัดความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริงโดยใช้รูปแบบการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านความเหมาะสมของสื่อ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และด้านความรู้สึกรู้สึกต่อการเรียนผ่านโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง

4.2 นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้อง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเองทั้งหมด ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนคติ วิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับกลุ่มทดลองทดสอบโดยใช้เวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที

3.2 ดำเนินการทดลองโดยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/7 ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง เรียนจากโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ผู้วิจัยชี้แจงวิธีการเรียน ขั้นตอนต่างๆ จุดประสงค์การเรียนรู้และเงื่อนไขในการเรียนให้นักเรียนทราบ ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 10 ชั่วโมง

3.3 เมื่อนักเรียนกลุ่มทดลองเรียนผ่านการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดมโนคติทางการเรียนหลังเรียน วิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่อง การไทเทรต แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในวันเวลาเดียวกัน โดยใช้เวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที

3.4 นักเรียนกลุ่มทดลองทำแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในวันเวลาเดียวกัน โดยใช้เวลาในการทำ 20 นาที

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

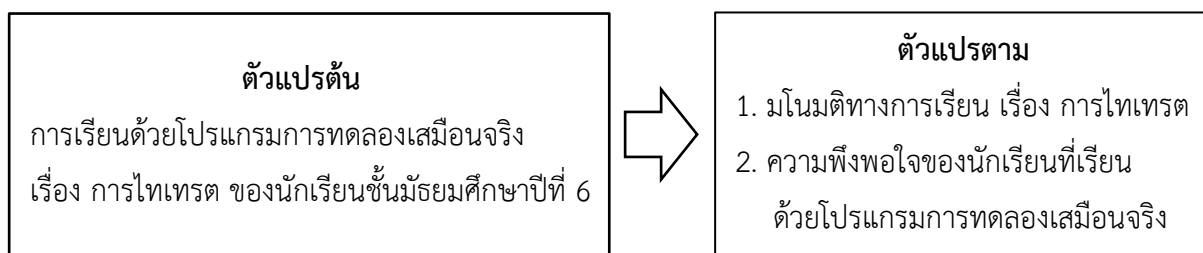
การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบมโนคติทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริงก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent Samples)

2. วิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนโดยใช้การทดลองเสมือนจริงแต่ละด้าน โดยใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนดเป็นกรอบแนวคิดการศึกษามโนคติทางการเรียนตามแนวคิดการเกิดมโนคติรูปแบบของ Haidar (เยาเวพา นันต๊ะภูมิและคณะ, 2563 : 15-28) และความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

1. โปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พัฒนาและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพของโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

การทดลอง	จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนระหว่างเรียน (50 คะแนน)		แบบทดสอบหลังเรียน (20 คะแนน)		ประสิทธิภาพ
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ (E ₁)	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ (E ₂)	E ₁ /E ₂
รายบุคคล	3	41.67	83.33	17.67	88.33	83.33/88.33
กลุ่มย่อย	9	41.89	83.78	17.22	86.11	83.78/86.11
ภาคสนาม	30	41.67	83.33	17.22	86.08	83.33/86.08

จากตารางที่ 2 สรุปผลการหาประสิทธิภาพของโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามลำดับขั้นตอนของการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการทดลองเสมือนจริง ทั้ง 3 ขั้นตอน พบว่า การหาประสิทธิภาพขั้นที่ 1 (แบบรายบุคคล) มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.33/88.33 ขั้นที่ 2 (แบบกลุ่มย่อย) มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.78/86.11 และขั้นที่ 3 (แบบภาคสนาม) มี

ประสิทธิภาพเท่ากับ 83.33/86.08 นั่นคือประสิทธิภาพของโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

2. มโนคติทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง ก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตาราง

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบมโนคติทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน แยกมโนคติแต่ละเรื่อง ของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง

มโนคติ เรื่อง	ก่อนเรียน (4คะแนน)			หลังเรียน (4คะแนน)			t	Sig.
	($\bar{X}$)	ร้อยละของคะแนน	S.D.	($\bar{X}$)	ร้อยละของคะแนน	S.D.		
กรด – เบสในชีวิตประจำวัน	1.35	44.75	0.77	3.09	77.25	0.83	9.120*	.000
หลักการไทเทรต	1.00	25.00	0.77	3.09	77.25	0.70	11.01*	.000
การคำนวณการไทเทรต	0.83	20.75	0.57	2.80	70.00	0.72	14.85*	.000
เทคนิคการไทเทรต	0.83	20.75	0.86	3.00	75.00	0.80	10.29*	.000
อินดิเคเตอร์	0.91	22.75	0.70	3.20	80.00	0.63	14.13*	.000

จากตารางที่ 3 มโนคติทางการเรียนในแต่ละเรื่องของนักเรียนเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณามโนคติแต่ละเรื่อง โดยมโนคติเรื่อง การคำนวณการไทเทรตมีคะแนนมโนติก่อนเรียน (" X " = 0.83, S.D. = 0.57) มโนคติหลังเรียน (" X " = 2.80, S.D. = 0.72) แตกต่างกันอย่างมากที่สุด รองลงมาคือเรื่องอินดิเคเตอร์, เรื่องหลักการไทเทรต, เรื่อง เทคนิคการไทเทรต, และ เรื่อง กรด – เบสในชีวิตประจำวัน ตามลำดับ พบว่า มโนคติทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกเรื่องของมโนคติ

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบมโนคติทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนรายวิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่องการไทเทรต ของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง

การทดสอบ	จำนวน	($\bar{X}$)	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	35	4.80	2.55	18.03*	.000
หลังเรียน	35	15.31	2.49		

* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 มโนคติทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ก่อนเรียน ($"X" = 4.80, S.D. = 2.55$) และมโนคติหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ($"X" = 15.31, S.D. = 2.49$) โดยพบว่า มโนคติทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต ดังตาราง ตารางที่ 5 แสดงผลความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต วิชาปฏิบัติการเคมี 3

ประเด็นพิจารณาความพึงพอใจ	($\bar{X}$)	S.D.	แปลผล
ด้านเนื้อหา	4.52	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านความเหมาะสมของสื่อ	4.34	0.65	พึงพอใจมาก
ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้	4.48	0.68	พึงพอใจมาก
ด้านความรู้สึกรู้สึกต่อการเรียนโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง	4.59	0.54	พึงพอใจมากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.48	0.61	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี 3 เรื่องการไทเทรตระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านความเหมาะสมของสื่อ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้และด้านความรู้สึกรู้สึกต่อการเรียนโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง โดยรวมมีระดับความพึงพอใจในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจด้านความรู้สึกรู้สึกต่อการเรียนผ่านห้องปฏิบัติการเสมือนจริง อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านเนื้อหาในระดับมากที่สุดด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ในระดับมาก และด้านความเหมาะสมของสื่อ ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. การหาคุณภาพของโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง วิชา เรื่อง การไทเทรต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า 5 ระดับ ผลคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เท่ากับ 4. 76 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.45 ซึ่งสรุปได้ว่าโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต ที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ และนำไปใช้เพื่อเป็นสื่อเสริมการสอนได้ ซึ่งการหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งการหาการหาประสิทธิภาพขั้นที่ 1 ทดลองใช้กับกลุ่ม

ตัวอย่างแบบรายบุคคล จำนวน 3 คน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.33/88.33 ขั้นที่ 2 ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มย่อย จำนวน 9 คน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.78/86.11 และขั้นที่ 3 ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างแบบภาคสนาม จำนวน 30 คน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.33/86.08 นั่นคือประสิทธิภาพของการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต วิชปฏิบัติการณ์เคมี 3 ว30223 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 ทั้งนี้เนื่องจากจากการออกแบบกิจกรรมการทดลองที่เป็นระบบขั้นตอนได้แก่ คำถามก่อนการทดลอง วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนทดลอง แบบวัดมโนคติทางการเรียน ประกอบกับรูปแบบการเรียนวิชาปฏิบัติการณ์เคมี 3 ที่เน้นการทดลองแบบเสมือนจริง และผ่านการตรวจสอบคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญและข้อเสนอแนะจากนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองหาประสิทธิภาพ จึงส่งผลให้การทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต มีประสิทธิภาพที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวรรณ โชติการและนิพนธ์ อินทอง (2556 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการศึกษาการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชุดปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 : กรณีศึกษาโรงเรียนวิเชียรชม จังหวัดสงขลา พบว่า 1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชุดปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 82.36/81.33 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้ 80/80 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3. ความคงทนในการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 4. ความพึงพอใจในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชุดปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อยู่ระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยภาพรวม 4.5737 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .31541 5. รูปแบบการบูรณาการบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชุดปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงในการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการลดความแตกต่างระหว่างบุคคลและใช้ในการทบทวนและระลึกความจำก่อนเข้าสู่บทเรียนใหม่

2. จากผลการทดลองพบว่ามโนคติทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการเรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริงนักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าการทดลอง ลงมือปฏิบัติการทดลองได้ด้วยตนเอง ผลการเปลี่ยนแปลงสามารถเห็นได้ชัดเจนและรวดเร็วกว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการและสามารถทดลองซ้ำได้ตามความต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับบทความของ วรณัฐ แหม่มแสง (2549 : 125) ได้กล่าวถึงการสร้างมโนคติทางการเรียนต้องได้รับการฝึกทักษะการทดลองจนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญนำไปสู่การเกิดมโนคติต่างๆของผู้เรียนได้และงานวิจัยของ สุวรรณ โชติการและนิพนธ์ อินทอง (2556 : 110) การศึกษาการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชุดปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 : กรณีศึกษาโรงเรียนวิเชียรชม จังหวัดสงขลา

พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่งผลให้ความคงทนทางมโนคติในการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนด้วยการทดลองเสมือนจริง เรื่อง การไทเทรต ทำให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์การทดลองจากโปรแกรมการทดลองที่มีทั้งการเลือกใช้เครื่องมือต่างๆในห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง การใช้โปรแกรมกิจกรรมการทดลองเสมือนจริง ทำให้ทราบผลการทดลองที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น สามารถทดลองซ้ำหลายครั้งตามความต้องการได้ เมื่อมีคำถามหรือไม่เข้าใจสามารถเข้าใช้งานเพื่อหาคำตอบได้ตลอดเวลาช่วยแก้ปัญหาที่ในเรื่องของความไม่เพียงพอของสารเคมีและอุปกรณ์การทดลอง ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในกระบวนการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง เห็นผลการทดลองชัดเจนกว่า ส่งผลให้ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง เรื่องการไทเทรต สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนแบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรจิรา บุญเลิศ (2556 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรดและเบส พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากต่อบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรดและเบส ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.83)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ควรออกแบบการทดลองเสมือนจริงโดยมีความหลากหลายทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี เพื่อสร้างและกระตุ้นความสนใจ และคำนึงถึงความแตกต่างด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริง ครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในขั้นตอนที่ 1 ในการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในการทดลอง และการถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง ควรเตรียมคำถามที่มีหลากหลายแนวคำตอบให้พร้อม
3. การใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริง มีความเหมาะสมที่จะเป็นสื่อการเรียนในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เนื่องจากผู้เรียนสามารถเรียนรู้ปฏิบัติการทดลองได้เองที่บ้าน หรือทุกสถานที่ที่มีคอมพิวเตอร์และช่วยลดปัญหาอุปกรณ์การทดลองที่ไม่เพียงพอ ช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี ลดความเบื่อหน่ายในการทดลองนักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยการประยุกต์ใช้การทดลองเสมือนจริงกับรูปแบบการสอนอื่นๆ เช่น การเรียนแบบกลุ่มร่วมมือการเรียนรู้โดยใช้เกมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นต้น
2. ในการวัดมโนคติของผู้เรียน ผู้วิจัยควรให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคลและควรตรวจวัดทันที เพราะจะได้ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนได้ทันที เพื่อจะนำข้อผิดพลาดไปแก้ไขและนำกลับมาส่งใหม่
5. จากการวิจัยครั้งนี้ควรนำรูปแบบการวิจัยนี้ไปใช้กับบทเรียนอื่น ๆ เช่น กรด – เบส เคมีไฟฟ้า เคมีอินทรีย์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- พรนภา อาจสว่าง. (2558). *การพัฒนาห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยศิลปากร
- เยาวพา นันต๊ะภูมิ, ยุทธนา ชัยเจริญ และอนันดา รัชเวทย์. (2563). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นตามกรอบแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ศึกษาศาสตร์สารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 4 (3), 15–28.
- วรณัฐ แหม่มแสง. (2549). *มโนคติและการพัฒนามโนคติ*. วารสารรามคำแหง. 23 (3), 120-136.
- ศิรินันท์ ศิริธ. (2561). *การพัฒนามโนคติและทักษะการจำแนกทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคลองลำเจียก โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อม*. การค้นคว้าอิสระ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *เคมี เล่ม 4*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สนทยา บังพรม. (2558). *การพัฒนาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

- สุนิสา กะการดี. (2559). การพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโปรแกรม *Yenka Science* ในการส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 33. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- สุรจิรา บุญเลิศ. (2556). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรดและเบส. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- สุวรรณ โชติการ และนิพัทธ์ อินทอง. (2556). การศึกษาการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชุดปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 : กรณีศึกษาโรงเรียนวิเชียรชม จังหวัดสงขลา. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ: มหาวิทยาลัยทักษิณ