

การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงและบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
พฤษภาคม 2557

การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงและบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี



ปริญญานิพนธ์
ของ
นายจรรุวัฒน์ ชูรักษ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

พฤษภาคม 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงและบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
พฤษภาคม 2557

จารุวัฒน์ ชูรักษ์. (2557). การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงและบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี. ปริญญาโท กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท: อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรรชนี, อาจารย์ ดร.นวลละอ อรัตนนิมมานวงศ์.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่สร้างขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD นี้ได้รับการพัฒนาให้สามารถใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงและวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กระบวนการศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ประกอบไปด้วย 3 ด้าน คือ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการและด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีคุณภาพอยู่ในระดับดี-ดีมาก จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD และแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการไปทดลองหาความเชื่อมั่น พบว่ามีความเชื่อมั่น 0.87 และ 0.78 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์มีประสิทธิภาพ 81.11/81.15 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ เมื่อนำชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์นี้ไปใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 42 คน ที่ได้ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 394 ชื่อวิชาปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน (CH 394) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติที่มีต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายอยู่ในเกณฑ์สูง

DEVELOPMENT OF HOME-MADE COLORIMETER AND ANALYTICAL LABORATORY
OF UNDERGRADUATE STUDENT



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education degree in Chemistry
at Srinakharinwirot University
May 2014

Jaruwat Chooruk. (2014). *Development of Home-made Colorimeter and Analytical Laboratory of Undergraduate Student*. Master thesis, M.Ed (Chemistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr.Piyarat Dornbundit, Dr.Nuanlaor Ratanawimanwong.

This research aimed to develop and to study efficiency of analytical laboratory using home-made colorimeter for teaching undergraduate students. The developed home-made colorimeter provides absorbance reading that can be used as an alternative apparatus to spectrophotometer for measuring concentration of specific target analytes. The difference between the measured concentrations obtained from those two methods was negligible at 95% confidence level. Investigation of studying efficiency consists of three aspects: learning achievement, development of integrated science process skills and attitude toward analytical chemistry laboratory. The research tools were validated by three experts. The quantity level of the proposed experiments was found to be good to very good. The value of reliability of 0.87 and 0.78 were achieved for the test of evaluation of learning achievement and the test of evaluation of the integrated science process skills, respectively. The pilot study revealed that the analytical experiments using home-made colorimeter provided study efficiency of 81.11/81.15, which is greater the criterion value of 80/80. The developed analytical laboratory was applied for 42 third-year undergraduate students in Education Program in Science-Chemistry, Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University who taking a course "Analytical laboratory with basic tools" (CH394) in the second semester of the academic year of 2012. It was found that the learning achievement and the development of integrated science process skills were improved indicating as higher post-test score compared is pre-test score in a statistically significant manner at the 0.05 level. Moreover, the attitude toward analytical using the home-made colorimeter is in good standard.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงและบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี
ของ
จารย์วัฒน์ ชูรักษ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2557

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์)

.....ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.นวลละออ รัตนวิมานวงศ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นวลละออ รัตนวิมานวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีณา เสี่ยงเพราะ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาและสละเวลาอันมีค่ามาเป็นทั้งที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ปรีกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องจากอาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.นวลละล่อ รัตนวิมานวงศ์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาไว้ ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วราวุธ ฉัตรทอง อาจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ สงศรีโรจน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน คุเจริญไพศาล ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดี

กราบขอบพระคุณคณะผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ดำเนินการทดลองและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอบคุณนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี และนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้การวิจัย ขอขอบคุณนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่คอยอำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการดำเนินการทดลองทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นการกำลังใจตลอดมา คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดาและครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

จารุวัฒน์ ชูรักษ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
สมมติฐานในการวิจัย	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (กศ.บ. 5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี	8
เอกสารเกี่ยวกับเครื่องอุตสาหกรรมไอโอเลตวิสิเบิ้ลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	10
เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	13
เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	16
เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	21
เอกสารเกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์	24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ	27
งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสง	27
งานวิจัยเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	29
3 วิธีดำเนินการวิจัย	35
การกำหนดกลุ่มประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	35
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	35
การเก็บรวบรวมข้อมูล	56
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	56
4 ผลการวิเคราะห์	62
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	62

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	70
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	70
สมมติฐานในการวิจัย.....	70
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	71
สรุปผลการวิจัย.....	75
อภิปรายผลการวิจัย.....	76
ข้อเสนอแนะ.....	84
บรรณานุกรม.....	86
ภาคผนวก.....	93
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย.....	94
ภาคผนวก ข บทปฏิบัติการที่ใช้ในการทดลอง.....	96
ภาคผนวก ค ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและผลการหาประสิทธิภาพของ บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์.....	120
ภาคผนวก ง ตารางแสดงข้อมูลผลคะแนนของนักเรียน.....	149
ภาคผนวก จ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	157
ภาคผนวก ฉ รูปภาพแสดงการเรียนปฏิบัติการทดลอง.....	174
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	179

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 โครงสร้างหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ. 5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554).....	9
2 ค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายเหล็ก (II) สารละลาย Bromothymol Blue สารละลาย KMnO_4 และสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ และหลอด LED ที่เลือกใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสม.....	37
3 การหาคุณภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD โดย การทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้นต่างๆ ของบทปฏิบัติการทดลองที่ 1 และบทปฏิบัติการที่ 2.....	43
4 การหาคุณภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD โดย การทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้นต่างๆ ของบทปฏิบัติการที่ 3.....	43
5 แบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3.....	55
6 แบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4.....	55
7 แบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 5.....	56
8 การทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับ เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับการทดลองที่ 1.....	63
9 การทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนेटโดยเครื่องวัดการดูด กลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับ บทปฏิบัติการที่ 2.....	63
10 การทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลาย KMnO_4 โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับ เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับการทดลองที่ 3.....	64
11 การทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ สารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับ เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับการทดลองที่ 3.....	65
12 คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบประจำบทปฏิบัติการในแต่ละบท ปฏิบัติการและร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน.....	66

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
13 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาด้าน สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 42 คน.....	67
14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลัง เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ชนิด PEDD ของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาด้าน สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 42 คน.....	68
15 คะแนนเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง บทปฏิบัติการเคมี วิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับ ปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3.....	69
16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์ ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมทรี.....	121
17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมทรี.....	123
18 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมทรี.....	124
19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์ หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง.....	126
20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง.....	128
21 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง.....	129
22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์ สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	131
23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	133

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
24 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบ ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	134
25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	136
26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	138
27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนด้วย บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์.....	140
28 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์.....	142
29 คะแนนทดสอบบทปฏิบัติการของนิสิตกลุ่มทดลอง.....	143
30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	145
31 การหาประสิทธิภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง บทปฏิบัติการ เคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ของนิสิตกลุ่ม ทดลอง.....	147
32 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	148
33 คะแนนทดสอบบทปฏิบัติการ และคะแนนรายงานบทปฏิบัติการของนิสิต.....	150
34 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง บทปฏิบัติการ เคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับ นิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3.....	152
35 คะแนนแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3.....	154
36 คะแนนคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3.....	156

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง PEDD.....	36
2 แสดงผลการวิเคราะห์การหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมของ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดย เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมทรี	39
3 แสดงผลการวิเคราะห์การหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมของ บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนेटในสาร ตัวอย่างของแข็ง.....	40
4 แสดงผลการวิเคราะห์การหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมของ บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	41



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันในระดับการศึกษาตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้นไป ได้มีการเน้นการจัดการเรียนการสอนแบบมีการทดลองมากขึ้น เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เป็นข้อเท็จจริง หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง โดยการทดลองที่มีอาจทำเพื่อทดสอบยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว หรือเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ก็ได้ (ภาพ เล่าห์ไพบูลย์. 2542: 137) กระบวนการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสืบเสาะค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติอันกว้าง (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2537: 55) ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับอุดมศึกษา จำเป็นต้องมีการทดลองหรือบทบาทปฏิบัติการให้ผู้เรียนได้เรียนจากประสบการณ์ตรง ดังนั้นจึงต้องเตรียมอุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับการทดลองดังกล่าวไว้ให้พร้อม ในระดับมัธยมศึกษาทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ร่วมกับองค์การคำครุสภา ได้มีการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้ไว้ให้กับทางโรงเรียน แต่สำหรับสถาบันอุดมศึกษาแต่ละสถาบันหรือมหาวิทยาลัยต่างๆ จะต้องเตรียมพร้อมด้านห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์เครื่องมือเพื่อให้ผู้เรียนได้ทดลองทำปฏิบัติการเอง จึงมักจะพบว่า หากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง ผู้เรียนจะไม่มีโอกาสในการใช้เครื่องมือ หรือมีโอกาสน้อยมาก เนื่องจากจำนวนของเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนการสอนมีจำนวนไม่เพียงพอ (วาริรัตน์ แก้วอุไร. 2538: 8) จึงส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะในการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งทักษะเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญยิ่งสำหรับการเรียนรู้ในระดับมหาวิทยาลัยและการทำงานในอนาคต ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถที่จะนำองค์ความรู้จากการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนไปใช้แก้ปัญหาในการทำงาน รวมถึงไม่สามารถอธิบายถึงปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นได้ (สมจิต สวธนไพบูลย์. 2526: 13) ปัญหาเหล่านี้ล้วนมาจากกระบวนการเรียนการสอนและความพร้อมของเครื่องมือ อุปกรณ์ ทั้งสิ้น ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (อารมณ เพชรชื่น. 2548: 77-78) การคิดค้นหรือประดิษฐ์นวัตกรรมใหม่เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอนจึงมีความจำเป็นอย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้กับผู้เรียนและครูผู้สอน เพราะนวัตกรรมที่สร้างขึ้นมานั้นจะช่วยแก้ไขปัญหการเรียน เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกให้การเรียนประสบผลสำเร็จมากที่สุด และผู้เรียนสามารถนำไปใช้หรือแก้ปัญหาทางการเรียน (รัตนะ บัวสนธ์. 2554: 16-17) ดังนั้นผู้ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับเรื่องนี้ควรได้หาทางแก้ไข เช่น การดัดแปลงเครื่องมือที่มีราคาแพงให้มีราคาถูก โดยลดความซับซ้อนของเครื่องมือ และให้คุณภาพที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนในแต่ละระดับชั้น ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มโอกาสในการเรียนต่อของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและเพิ่มโอกาสในการทำงานของนิสิตในระดับปริญญาตรี (มนตรี รัตนวิจิตร. 2525: 1-2)

เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อาชีวปฏิบัติการเคมีเป็นอย่างมาก เพราะเป็นการฝึกให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์เชิงแสง การประดิษฐ์เครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่มีราคาถูกจึงเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาใช้เครื่องมือที่เพียงพอ การประดิษฐ์ดังกล่าวทำได้โดยนำหลอด LED (Light-emitting diode) มาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงเนื่องจากมีราคาถูก หาได้ง่ายทำให้เครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานมาก จึงเหมาะกับการใช้ในห้องปฏิบัติการเรียนการสอน (Melissa, Thal A.;& Michael, Samide J. 2001: 1510-1512) นอกจากนี้ยังมีผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยใช้หลอด LED เป็นทั้ง แหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจวัดแสงและเรียกว่า Paired emitter detector diode (PEDD) จำทำให้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงยังมีราคาประหยัดขึ้น (Lukasz Tymecki; et al. 2008: 1501-1504) ด้วยลักษณะของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายที่มีหลักการเหมือนกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จึงเหมาะกับการเรียนการสอนในระดับเริ่มต้น เพื่อเป็นการเพิ่มความรู้ความเข้าใจหลักการของการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสามารถวิเคราะห์เชิงปฏิบัติการในห้องเรียนในระดับอุดมศึกษาได้ (Tsutomu Matsuo.; et al. 1989: 329-333)

ในการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำสื่อการสอนมาใช้ในการเรียนการสอน ได้แก่ เครื่องมือและบทปฏิบัติ เป็นต้น เนื่องจากการสอนวิทยาศาสตร์จะเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนจากประสบการณ์ตรง ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง รู้จักการสังเกต การทดลอง ค้นคว้า ซึ่งการที่จะให้นักเรียนได้รับผลตามความมุ่งหมายของผู้สอนนั้น การใช้สื่อการสอนนอกจากจะเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการช่วยสอนแล้ว ยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในบทเรียน ทำให้ผู้เรียนตั้งใจเรียนมากยิ่งขึ้น เพิ่มความอยากรู้อยากเห็น เรียนโดยไม่มีความเบื่อหน่าย (วรายุ ลีประเสริฐ. 2539: 6-7) การจัดการเรียนรู้โดยการทดลองหรือปฏิบัติการณ์นั้นจะช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสูงขึ้น (อัมพร กรุดวงษ์. 2548: 150-153) นอกจากนี้การเรียนด้วยปฏิบัติการยังช่วยให้ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ของผู้เรียนสูงขึ้นด้วย (สมเกียรติ แก้วจรัสสุสันติ. 2544: 148-154)

การจัดการเรียนรู้ที่เป็นลักษณะบรรยายและการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ ซึ่งผู้เรียนได้เรียนรู้องค์ความรู้ทางเคมีมาจากวิทยากรบรรยาย แล้วนำมาใช้ในการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งเป็นการปฏิบัติการตามบทปฏิบัติการที่มีอยู่แล้วซึ่งสอดคล้องกับเครื่องมือ จะทำให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ง่ายขึ้นและเห็นความสอดคล้องระหว่างองค์ความรู้จากห้องเรียนและการปฏิบัติการ การเรียนวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากการทดลอง การแก้ปัญหา การศึกษาจากปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่างๆที่ใกล้ตัว จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดอย่างหลากหลาย ช่วยให้การเรียนวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (ศิลปชัย บุรณพานิช. 2552: 1-5)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาและพัฒนาทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายในการวิเคราะห์ปริมาณสาร เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจพื้นฐานของการวิเคราะห์เชิงแสงเพิ่มขึ้นและเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อการใช้งานในระดับที่สูงขึ้นไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD
2. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี
3. เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรี ประกอบด้วย
 - 3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
 - 3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ
 - 3.3 เจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่มุ่งเน้นพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่มีราคาถูก ใช้อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน สามารถใช้งานได้ง่าย ทำให้มีเครื่องมือเพียงพอนำไปใช้จัดการเรียนรู้ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้อย่างทั่วถึง พร้อมกันนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ควบคู่ไปด้วยเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งสามารถพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มศักยภาพ เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบทเรียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้ จึงเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจในการจะสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่ประดิษฐ์ได้ง่ายและราคาประหยัด

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาด้านสัตวศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 42 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 394 ชื่อวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน (CH 394) ภาคเรียนที่ 2 ปี

การศึกษา 2555 โดยในงานวิจัยนี้กลุ่มตัวอย่างกับกลุ่มประชากรเป็นกลุ่มเดียวกันจึงเรียกว่ากลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

การเรียนรู้ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

ประสิทธิผลทางการเรียนของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ได้รับการปรับปรุงให้มีการนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปใช้ โดยประสิทธิผลทางการเรียนในงานวิจัยนี้ จะพิจารณา 3 ด้าน คือ

- ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
- ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ
- ด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืน

แสงอย่างง่ายชนิด PEDD

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ในชั่วโมงเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงเรียนในรายวิชา คม 394 ชื่อวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน จำนวน 3 บทปฏิบัติการ ในแต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลา 3 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 9 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด Paired emitter detector diode (PEDD) หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายหลัก (II) สารละลาย Bromothymol blue สารละลาย KMnO_4 และสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ อาศัยการใช้คู่หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายทำมาจากวัสดุที่มีราคาถูกและสามารถหาวัสดุได้ง่าย เป้าหมายเพื่อนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มาใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

2. ประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หมายถึง ความสามารถของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างโดยการพิจารณาจากผลการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) มาตรฐาน และผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น

3. บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ หมายถึง บทเรียนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองทางเคมีวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 บท

ปฏิบัติการ คือ การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD และการวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ส่วนประกอบของ บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์แต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วย วัตถุประสงค์การทดลอง ทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้อง สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง บันทึกผลการทดลอง

4. ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ที่เกิดจากการเรียนรู้อย่างน้อยด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 โดยที่

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยของแต่ละบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 80%

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 80%

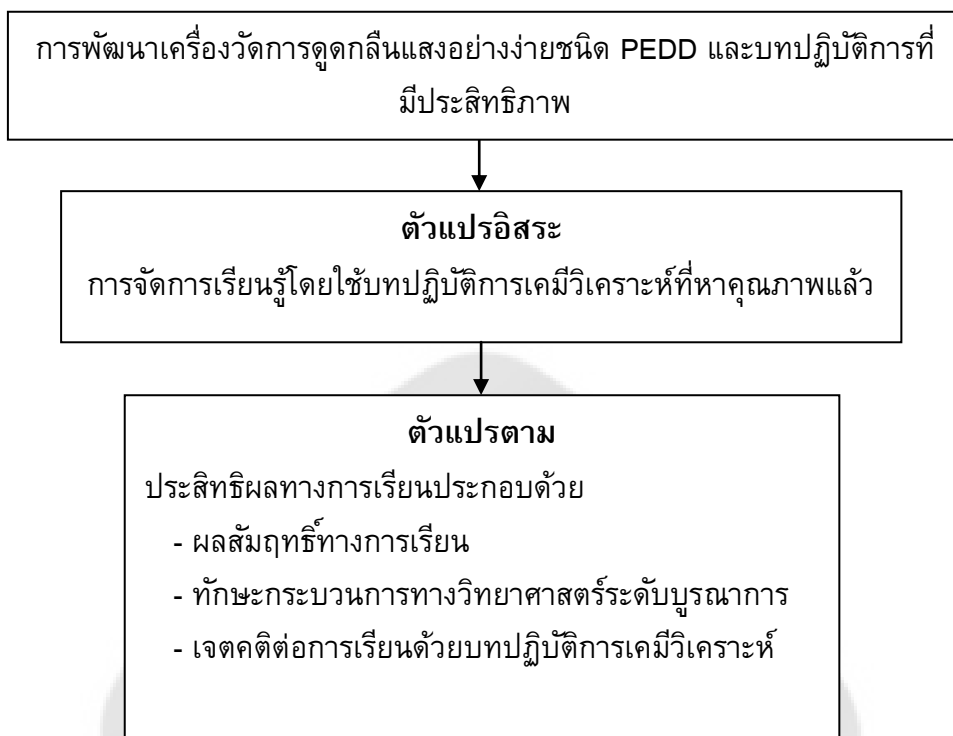
5. ประสิทธิภาพทางการเรียน หมายถึง ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่พัฒนาผู้เรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ และเจตคติที่มีต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

8. เจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของนิสิตที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานในการวิจัย

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่สร้างขึ้นสามารถวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างได้ โดยให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้กับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80
3. ประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
5. ประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นสำคัญของการวิจัย ดังจะนำเสนอโดยลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ. 5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี
2. เอกสารเกี่ยวกับเครื่องอุณหภูมิต่ำไอโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์
3. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
4. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
6. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ
 - 7.1 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
 - 7.2 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ. 5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ. 5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554) มีความมุ่งหวังในการผลิตบัณฑิตที่มีความเป็นเลิศทางวิชาการและวิชาชีพ เป็นผู้นำในการสร้างสรรค์การเรียนรู้แนวใหม่ มีความเป็นครูและเป็นนักวิชาการที่พร้อมด้วยคุณธรรม บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

1) มีความรู้ ใฝ่เรียนรู้ ครอบคลุมทั้งในศาสตร์หลายสาขาและศาสตร์สาขาวิชาเฉพาะ สามารถจัดการความรู้ในเชิงสหวิทยาการอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ สังเคราะห์ การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ และนวัตกรรมได้อย่างเหมาะสม สามารถใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารให้เกิดความรู้ที่มีประสิทธิภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการ

2) มีความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์ในการจัดการเรียนการสอน การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสภาพจริง ตลอดจนมีความคิดริเริ่ม และสร้างสรรค์ ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการจัดการศึกษา

3) มีคุณธรรม จริยธรรม และจรรยาบรรณในวิชาชีพ มีความเป็นผู้นำทางการศึกษา มีจิตสำนึกในการทำงานเพื่อสังคมอย่างต่อเนื่อง สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นโดยใช้หลักประสานประโยชน์ส่วนรวมตามวิถีประชาธิปไตย เพื่อขับเคลื่อนและพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน ชำรงรักษาไว้ซึ่ง

ภูมิปัญญาไทย รวมทั้งเป็นบัณฑิตที่มีความสามารถเป็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษา
ขั้นพื้นฐานที่มีความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาผู้เรียนทางเคมีและวิทยาศาสตร์ โดยบูรณา
การองค์ความรู้ด้านเคมีและวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอน มีความเข้าใจใน
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาตนเองในการติดตามความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้

ด้วยวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้ ทางภาควิชาเคมีจึงได้มีการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สอดคล้อง
กับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร เช่น

- 1) จัดรายวิชาที่ครูที่เป็นวิชาพื้นฐานที่จำเป็น เพื่อเตรียมความพร้อมในด้านความ
เป็นครู เช่น วิชาจิตสำนึกและจรรยาบรรณวิชาชีพครู
- 2) จัดกิจกรรมเสริมเพื่อให้ความรู้และทักษะพื้นฐานด้านภาษา การสื่อสาร และ
เทคโนโลยีสารสนเทศ
- 3) จัดกิจกรรมให้ได้คุ้นเคยกับสภาพปัญหาโรงเรียนในท้องถิ่นต่างๆ เพื่อขยาย
ความคิดความเข้าใจในปัญหาวิชาชีพครู

ตาราง 1 โครงสร้างหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ. 5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี (หลักสูตร
ปรับปรุง พ.ศ. 2554)

รายละเอียด		หน่วยกิต
1. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	ไม่น้อยกว่า	30
2. หมวดวิชาเฉพาะ	ไม่น้อยกว่า	124
2.1 วิชาชีพครู	ไม่น้อยกว่า	50
2.2 วิชาแกน	ไม่น้อยกว่า	31
2.2.1 วิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์พื้นฐาน		16
2.2.2 วิชาเฉพาะสาขา		15
2.3 วิชาเฉพาะด้าน	ไม่น้อยกว่า	43
2.3.1 วิชาเอกบังคับ		33
2.3.2 วิชาเลือก		7
2.3.3 วิชาบังคับร่วม		3
3. หมวดวิชาเลือกเสรี	ไม่น้อยกว่า	6
รวม	ไม่น้อยกว่า	160

ที่มา: หลักสูตรการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ. 5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี (หลักสูตรปรับปรุง
พ.ศ. 2554)

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554) สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนของ หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มุ่งเน้น ให้นักศึกษาได้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์องค์ความรู้ด้วยตนเองอีกทั้งพัฒนาให้นักศึกษาที่จบออกมาเป็นคนที่มีความรู้วิทยาศาสตร์ และมีความพร้อมทั้ง ทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ รวมทั้งจริยธรรมในการประกอบอาชีพ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้คิดพัฒนาสื่อเครื่องมือมาใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชา ปฏิบัติการของนิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี เพื่อ พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ ของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนวิชาเคมี และ สามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค สเปกโทรโฟโตเมทรี ไปใช้ในการทำงานหรือ จัดการเรียนการสอนในอนาคต

เมื่อได้มีการศึกษาลงลึกไปในหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เห็นว่า วิชาที่เหมาะสมแก่การนำมาทำ วิจัยในครั้งนี้ คือ รายวิชา คม 394 ชื่อวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน (CH 394)

บทปฏิบัติการที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเครื่อง สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

บทปฏิบัติการที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างด้วยเครื่อง สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

บทปฏิบัติการที่ 3 การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ด้วยเครื่อง สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

การพัฒนาเครื่องมือที่มีชื่อว่าเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย เพื่อนำมาใช้ในการ เรียนการสอนในบทปฏิบัติการทั้ง 3 บทดังกล่าว เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ รวมทั้งเจตคติทาง วิทยาศาสตร์ของนิสิตระดับปริญญาตรีหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. เอกสารเกี่ยวกับเครื่องอัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

การวิเคราะห์ด้วยโดยเทคนิคอัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปีเป็นการวิเคราะห์ที่ อาศัยสมบัติในการดูดกลืนแสงของสารในช่วงความยาวคลื่น 190-800 นาโนเมตร เมื่อให้แสง เคลื่อนที่ผ่านสารตัวอย่าง แสงบางความยาวคลื่นจะถูกดูดกลืนเอาไว้เพื่อใช้ในการเปลี่ยนระดับ พลังงานของโมเลกุลหรืออะตอมจากสถานะพื้น (ground state) ไปสู่สถานะกระตุ้น (Excited state) สามารถใช้ในการวิเคราะห์สารหลายประเภททั้ง สารประกอบอินทรีย์ (Organic compound)

สารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic compound) และสารประกอบเชิงซ้อน (Complex compound) (นินนาท์ โชติบริบูรณ์, 72)

แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม (2539: 33-107) ได้กล่าวไว้ว่า สเปกโทรสโกปี (Spectroscopy) เป็นหลักการที่ทำการศึกษเกี่ยวกับการวัดการดูดกลืน (Absorption) หรือการคาย (Emission) รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ของสารละลาย โดยสารส่วนใหญ่ สามารถดูดกลืนคลื่นแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) และช่วงแสงที่มองเห็นได้ (Visible) จากสมบัตินี้จึงนำมาใช้เป็นเทคนิควิเคราะห์ที่เรียกว่า อัลตราไวโอเล็ตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-Vis spectroscopy)

การดูดกลืนแสงของสารที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิลนี้ ถูกนำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เนื่องจากเป็นวิธีที่ให้ความถูกต้องแม่นยำและมีสภาพไวสูง สามารถทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ แต่การที่จะพิสูจน์ว่าสารตัวอย่างเป็นสารชนิดใด มีโครงสร้างแบบใด จำเป็นต้องใช้เทคนิคอื่นเข้ามาช่วยเพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

2.1 การวัดค่าการดูดกลืนแสง

การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง สามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในสารละลายตัวอย่าง (Incident light: I_0) แล้ววัดปริมาณแสงที่ผ่านออกมา (I) โดยเปรียบเทียบกับแสงที่ผ่านออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง โดยค่าการดูดกลืนแสงของสาร จะเป็นไปตามสมการ

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

2.2 ความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้น (Absorbance and Concentration)

ค่าการดูดกลืนแสงมีความสำคัญในเชิงปริมาณวิเคราะห์ เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายที่แสงผ่านตามกฎของแลมเบิร์ต-เบียร์ ดังสมการ

$$A = \epsilon bc$$

เมื่อ

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสาร (Absorbance)

ϵ = เป็นสมบัติจำเพาะของสารที่ดูดกลืนแสงและวัดที่ความยาวคลื่นค่าหนึ่งเรียกว่า Molar absorptivity ($L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

b = ระยะทางที่แสงผ่านตัวอย่าง หรือความกว้างของเซลล์ (cm)

c = ความเข้มข้นเป็น โมล/ลิตร หรือโมลาร์ (M)

การเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ (Deviation from Beer's law) ที่กล่าวไว้ว่า ค่าการดูดกลืนแสงแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย ดังนั้นเมื่อพล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืน (A) กับความเข้มข้น (c) เมื่อความหนาของเซลล์สำหรับใส่สารตัวอย่างคงที่ จะได้กราฟ

เส้นตรง แต่ในบางครั้งพบว่า อาจเกิดการเบี่ยงเบนทำให้ได้กราฟความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งอาจเป็นการเบี่ยงเบนในเชิงบวก (Positive deviation) คือค่าการดูดกลืนให้แนวโน้มสูงกว่าปกติ ทำให้กราฟที่ได้โค้งขึ้น หรือเป็นการเบี่ยงเบนเชิงลบ (Negative deviation) คือค่าการดูดกลืนมีแนวโน้มต่ำลงทำให้กราฟโค้งลง

การเบี่ยงเบนดังกล่าวมาจากสาเหตุหลัก 2 ประการ ได้แก่

1. การเบี่ยงเบนทางเคมี (Chemical deviation)
2. การเบี่ยงเบนจากเครื่องมือ (Instrumental deviation)

การเบี่ยงเบนทางเคมี เกิดจาก สารที่ต้องการวิเคราะห์เกิดการสลายตัว การรวมตัว หรือทำปฏิกิริยากับตัวทำละลาย แล้วกลายเป็นสารตัวอื่นที่ให้ Absorption spectrum ต่างจากสารที่ต้องการวิเคราะห์ ทำให้ผลเบี่ยงเบนออกจากกฎของเบียร์ ยกตัวอย่างเช่น การรวมตัวกันของโมเลกุล ทำให้การดูดกลืนแสงต่อโมเลกุลลดลง ดังนั้นจึงเกิดการเบี่ยงเบนเชิงลบ

การเบี่ยงเบนจากเครื่องมือ (Instrumental deviation) ส่วนใหญ่เกิดจาก

1. ความไม่แม่นยำของเครื่องมือวัด ในทางปฏิบัติพบว่า การวัดค่าการดูดกลืนแสง มีค่าอยู่ในช่วง 0.1-1.0 จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยประมาณ 1-2% ดังนั้นในปฏิบัติการจริงจะมีการปรับความเข้มข้นของสารละลายให้อยู่ในช่วงค่าการดูดกลืนแสง 0.1-1.0 ถ้าค่าการดูดกลืนแสง อยู่ในช่วงที่มากกว่า หรือน้อยกว่านี้ แสงที่ผ่านออกมาถึงเครื่องตรวจวัดจะน้อยหรือมากเกินไป จึงทำให้ความคลาดเคลื่อนมีค่าสูง

2. แสงที่มีหลายความยาวคลื่น (Polychromatic light) จากกฎของเบียร์ได้ระบุไว้ว่าความยาวคลื่นที่ผ่านสารละลายจะต้องเป็นความยาวคลื่นเดียว แต่ในทางปฏิบัติ อุปกรณ์คัดเลือกความยาวคลื่น (Monochromator) อาจแยกความยาวคลื่นให้เป็นความยาวคลื่นเดียวไม่ได้ อาจจะมี ความยาวคลื่นอื่นออกมาด้วย ดังนั้นการวัดค่าการดูดกลืนแสง เกิดการคลาดเคลื่อนได้

3. แสงรบกวน (Stray light) คือ การรบกวนของความยาวคลื่นอื่นนอกจากที่ต้องการวิเคราะห์ เข้าไปตกกระทบบนตัวตรวจวัดสัญญาณ (Detector) อาจเกิดจากการกระเจิงแสง (Scattering) หรือการสะท้อน (Reflection) หลายๆ ครั้งบนผิวของเกรตติง เลนส์ หรือฟิลเตอร์ เป็นต้น ผลของแสงรบกวนทำให้ค่าการดูดกลืนลดลง และความผิดพลาดในการวิเคราะห์มากขึ้นด้วย

2.3 เครื่องมือ

เครื่องอัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่ในการตรวจวัดความเข้มแสงที่ผ่านหรือสะท้อนจากตัวอย่าง เปรียบเทียบกับความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิด โดยทั่วไปแล้วมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์คัดเลือกแสง เซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่าง และเครื่องตรวจวัด

แหล่งกำเนิดแสงมีหน้าที่ให้แสงที่คงที่และต่อเนื่อง อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ คือ หลอดทังสเตน-ฮาโลเจน ซึ่งให้แสงที่มีความยาวคลื่นต่อเนื่องในช่วง 320-2,500

นาโนเมตร ดังนั้นจึงต้องใช้โมโนโครเมเตอร์เป็นตัวคัดเลือกความยาวคลื่นเพื่อให้แสงที่จะผ่านไปยังตัวอย่างมีความยาวคลื่นค่าเดียวตามที่ต้องการ ก่อนผ่านไปยังเซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่างและสารเปรียบเทียบ แสงในส่วนที่ไม่ถูกดูดกลืนจะผ่านมาถึงเครื่องตรวจวัด ที่นิยมใช้ ได้แก่ PMT (Photomultiplier tube), Diode arrays และ CCDs (Charge coupled devices) ผลของสเปกตรัมที่ได้จะแสดงในรูปของกราฟระหว่างค่า Absorbance และความยาวคลื่นของแสง

3. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า “ปฏิบัติการ” ตามความหมายในพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542 (2542.ออนไลน์) หมายถึง การทำตามหน้าที่ หรือทดลองเพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎีหรือฝึกงานเพื่อให้เกิดความชำนาญ ส่วนความหมายของคำว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น ยังไม่มีผู้ให้ความหมายไว้อย่างชัดเจน แต่มีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายถึงความหมายของคำว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

กิ่งฟ้า สิริวงษ์ และ ละออ แสนศักดิ์ (2524: 173) ได้ให้ความหมายของการสอนที่ใช้การปฏิบัติการหรือการทดลอง เอาไว้ว่า การทดลองเป็นกิจกรรมของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีจุดมุ่งหมายแน่นอน กระบวนการที่แจ่มชัด ซึ่งประกอบด้วย การวางแผนและการควบคุมอย่างดี รวมทั้งมีการสรุปผลที่ได้รับจากการทดลองด้วย

กาญจนา เกียรติประวัติ (2524: 140) ได้ให้ความหมายของ การสอนปฏิบัติการ เอาไว้ว่า การสอนปฏิบัติการ หมายถึง กระบวนการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรง เพื่อให้ได้ผลหรือข้อเท็จจริงจากการสังเกตและทดลองเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่ม

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531: 39) ได้ให้ความหมายของคำว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เอาไว้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คือ วิธีสอนที่ให้ผู้เรียนมีโอกาสทำกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง เป็นกระบวนการสอนที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการเลียนแบบวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงวิธีหนึ่ง

บุญชม ศรีสะอาด (2537: 68) ได้ให้ความหมายของคำว่า การสอนแบบปฏิบัติการ (laboratory) เอาไว้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการคือ การสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการสังเกต การทดลอง ภายใต้สภาพที่ควบคุมไว้

จากความหมายที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ในข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หมายถึง กระบวนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงแก่ผู้เรียน โดยการปฏิบัติ ทดลอง หรือพิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี ผ่านการสังเกต การทดลอง โดยมีการควบคุมและวางแผนไว้เป็นอย่างดี และถือเป็นการเลียนแบบวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

3.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

กาญจนา เกียรติประวัติ (2524: 140) ได้กล่าวถึงบทบาทของการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. เพื่อเรียนรู้ด้านวิธีการ (Learning a technique) เป็นการสอนโดยครูสาธิตวิธีการเฉพาะอย่างให้ผู้เรียนสังเกต แต่ต้องให้ผู้เรียนมีโอกาสทดลองแสดงวิธีการนั้นด้วยตนเอง
2. เพื่อฝึกทักษะ (Practicing skill) จำเป็นต้องจัดเวลาและสถานที่สำหรับผู้เรียนได้ฝึกทักษะให้คล่องแคล่วเพื่อนำไปใช้
3. เพื่ออธิบายหลักการ (Illustrating skill) เป็นการขยายความสิ่งที่ได้ยินด้วยการบอก โดยที่ผู้เรียนได้นำสิ่งที่เรียนมาใช้กับปัญหาจริง
4. เพื่อรวบรวมข้อมูลและแปลความ (Gathering data and gaining) ให้ผู้เรียนมีโอกาสรวบรวมข้อมูล จัดหมวดหมู่ แล้วสรุป หรือนำไปใช้แก้ปัญหา
5. เพื่อฝึกใช้เครื่องมือ (Learning to use equipment) ประสบการณ์ในห้องปฏิบัติการ เป็นการสอนให้ผู้เรียนหัดใช้เครื่องมือที่จะเกี่ยวข้องกับการทำงานต่อไป
6. เพื่อปฏิบัติการสร้างสรรค์ (Performing creative work) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทดลองเทคนิคต่างๆ จากการเรียน การแสดงความคิด

ส่วนใหญ่แล้วประสบการณ์แบบปฏิบัติการที่ใช้จะมีจุดมุ่งหมายมากกว่าหนึ่งอย่างขึ้นไป การสอนแบบนี้ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกเทคนิคต่างๆ และพัฒนาทักษะของตนเองอีกวิธีหนึ่ง การสอนแบบปฏิบัติการอาจจัดได้ว่าเป็นการศึกษาภายใต้การนิเทศ (Supervised study) หรือวิธีการทดลอง (Experiment) บางครั้งจะถูกเรียกว่าเป็นการใช้วิธีวิจัย (Research method) เพราะในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์นั้นผู้เรียนมีโอกาสดันคว้าทดลองมาก

3.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบทปฏิบัติการ

สวัญญ์ นิยมคำ (2517: 143) ได้แบ่งรูปแบบการสอนแบบบทปฏิบัติการไว้ 2 รูปแบบ คือ

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured laboratory) การทดลองนี้ผู้สอนกำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหา และอื่นๆ ไว้เสร็จ ผู้เรียนเพียงแต่ทำตามคำสั่งชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab direction) ก็สามารถตอบออกมา ซึ่งการสอนแบบนี้ไม่ส่งเสริมความคิดของผู้เรียนเท่าที่ควร
2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory works) การทดลองแบบนี้ให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบเอง โดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อผู้เรียนทราบปัญหาแล้ว ครูจะให้ผู้เรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายวางแผนกำหนดวิธีการแก้ปัญหา เมื่อได้แนวทางจึงให้ผู้เรียนแยกกันทำการทดลองต่อไป แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายอีกครั้งหนึ่ง

การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางเป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางความคิด แต่การกระทำจำเป็นต้องค่อยเป็นค่อยไป โดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อนแล้วค่อยๆ ลดการ

กำหนดแนวทางของครูเรื่อย ๆ จนในที่สุดผู้เรียนสามารถที่จะแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง การวางแผน การทดลองจะประกอบไปด้วย การกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีการที่เหมาะสมที่จะทำการทดสอบสมมติฐาน และการสร้างแบบทดลอง

การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางนี้ตรงตามเจตนารมณ์ของการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) เพราะเป็นการส่งเสริมความคิดขั้นสูงสุด การทดลองที่ยังไม่ทราบคำตอบล่วงหน้าบางครั้งจะถูกเรียกว่า open-ended experiment

สุภาพ วาดเขียน และ อรพินธ์ โภชนดา (2518: 110-118) ได้แบ่งการสอนแบบบทปฏิบัติการออกเป็น 2 ลักษณะคือ การทดลองแบบสำเร็จรูปและแบบไม่กำหนดแนวทาง

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีแก้ปัญหา ผู้เรียนทำตามคำสั่ง ไม่ส่งเสริมความคิดของผู้เรียนเท่าใดนัก

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง ผู้เรียนเป็นผู้หาคำตอบเอง ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา หน้าที่สำคัญของครูนั้นแยกตามขั้นตอนของการปฏิบัติได้ 3 ตอน คือ

2.1 ก่อนการทดลอง ครูจะเตรียมการมาอย่างดี ต้องได้ทดลองทำด้วยตนเองก่อน แล้วเสนอปัญหาให้กับผู้เรียน ครูร่วมมืออภิปรายกับเด็ก วางแผนกำหนดการทดลองและมอบหมายงานให้ผู้เรียนได้กระทำกันต่อไปตามลำดับขั้นตอน

2.2 ระหว่างการทดลอง ครูจะเป็นผู้ดำเนินการเป็นที่ปรึกษาตรวจตราการทดลอง แต่ไม่ใช้การลงมือปฏิบัติเอง

2.3 หลังการทดลอง ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติการทดลอง นำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ สรุปผล ทำรายงาน มีการอภิปรายผลการทดลองหน้าชั้นถึงข้อดีข้อเสียมีการสาธิตประเด็นที่สำคัญ มีการให้ทำแบบฝึกหัดและอ่านหนังสือเพิ่มเติมตามที่จำเป็นและเห็นสมควร

3.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบบทปฏิบัติการ

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบบทปฏิบัติการไว้ดังนี้

สุภาพ วาดเขียน (2519: 110-118) ได้ให้ความหมายของการสอนโดยปฏิบัติการทดลอง เอาไว้ว่า เป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ ทำกิจกรรมด้วยตนเอง เป็นการค้นคว้าหาความรู้ด้วยการทดลองให้เห็นจริง ซึ่งทำให้ผู้เรียนเรียนรู้กฎเกณฑ์และข้อเท็จจริงที่อยู่รอบๆตัวได้อย่างลึกซึ้ง

สุเทพ อูสาหะ (2526: 68) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติ เอาไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน
2. ผู้เรียนได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง
3. ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. เป็นการฝึกแก้ปัญหาตามวิธีทางวิทยาศาสตร์
5. เป็นการเรียนรู้จากของจริง ทำให้จำได้นานกว่าการเรียนรู้จากสัญลักษณ์
6. เป็นการเสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ยังกล่าวถึงข้อเสียของการจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติ เอาไว้ดังนี้

1. เป็นวิธีการสอนที่สิ้นเปลือง เพราะจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเคมีภัณฑ์จำนวนมาก

2. อาจสอนไม่ได้ตามกำหนดเนื่องจากแต่ละการทดลองมักใช้เวลานาน

ภพ เลหาไพบูลย์ (2534: 170-171) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติ เอาไว้ดังนี้ การปฏิบัติการทดลองและขั้นตอนของการปฏิบัติการทดลอง เช่น ในการอภิปรายก่อนการทดลอง การทำการทดลองโดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การอภิปรายหลังการทดลองเพื่อหาข้อสรุป เหล่านี้เป็นสิ่งที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้การทดลองเป็นเครื่องมือในกระบวนการค้นพบ ตลอดจนสร้างสรรค์หรือประดิษฐ์คิดค้นทำให้ความรู้ต่าง ๆ ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว สำหรับการสอนแบบให้ผู้เรียนทำการทดลองมีข้อดีของการสอน คือ

1. ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

2. ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง

3. เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้เรียนจะเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง

4. ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน

5. ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบให้ผู้เรียนทำการทดลองมีดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายสูง จำเป็นต้องจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือและเคมีภัณฑ์ให้เพียงพอกับจำนวนผู้เรียน และจำนวนการทดลอง

2. ใช้เวลาในการสอนมาก แต่ละการทดลองมักใช้เวลานาน

4. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชาวล แพรัตกุล (2508: 74) ได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้าน

ต่างๆ ที่ผู้ได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวง ทั้งจากโรงเรียนและทางบ้าน ยกเว้น การวัดทางร่างกาย ความถนัด และทางบุคคล-สังคม อันได้แก่ อารมณ์และการปรับตัว เป็นต้น

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529: 19) ได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่มุ่งตรวจสอบความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ของผู้เรียนว่า หลังการเรียนรู้เรื่องนั้นๆ แล้ว ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในวิชาที่เรียนมากน้อยเพียงใด มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามความมุ่งหมายของหลักสูตรในวิชานั้นๆ เพียงใด

วาริ ว่องพินัยรัตน์ (2530: 1) ได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นเครื่องมืออันสำคัญที่จะช่วยให้ครูสามารถตัดสินความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนได้อย่างสมเหตุสมผลและยุติธรรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ใช้ในโรงเรียนมุ่งวัดความสำเร็จในวิชา และทักษะต่างๆ โดยมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ ประการแรก เพื่อเป็นเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน อันจะเป็นข้อมูลสำหรับการจัดการเรียนสอนเป็นรายบุคคล (Individual instruction) ประการที่สอง เพื่อตรวจสอบความสามารถของผู้เรียนที่แตกต่างกันตามธรรมชาติ ทำให้สามารถจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของบุคคล

ศิริชัย กาญจนวาสี (2548: 162) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเอาไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์เป็นผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอน ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งผ่านทาง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์จึงเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น (What person has learned) จากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้สอนได้จัดขึ้นเพื่อการเรียนรู้นั้น สิ่งที่มีวัดจึงเป็นสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นความรู้หรือทักษะบางอย่าง (ส่วนใหญ่จะเน้นทักษะทางสมองหรือความคิด) อันบ่งบอกถึงสถานภาพการเรียนรู้ที่ผ่านมา หรือสภาพการเรียนรู้ที่บุคคลนั้นได้รับ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553: 96) ได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่า บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

จากความหมายที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ในข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ และความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด ยกเว้น การวัดทางร่างกาย ความถนัด และทางบุคคล-สังคม อันได้แก่ อารมณ์และการปรับตัว เป็นต้น

4.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2533: 96-99) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.2.1 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil test) ซึ่งแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ

1. แบบทดสอบอัตนัย (Objective or essay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้ว ให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่

2. แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้นๆ (Objective test or short and answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนคำตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ (Restricted response type) ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิด ได้อย่างกว้างขวาง เหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบด้วยกัน คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

4.2.2 แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่วไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน กล่าวคือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบวิธีการให้คะแนนและการแปลความหมายของคะแนน

4.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

4.3.1 วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

การสร้างแบบทดสอบ ควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบการออกข้อสอบ โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการวัดไว้

4.3.2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

4.3.3 กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง

การศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบที่จะใช้วัดว่าเป็นแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

4.3.4 เขียนข้อสอบ

ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียนข้อสอบที่ได้ศึกษามาแล้วในขั้นตอนที่ 4.3.3

4.3.5 ตรวจสอบข้อสอบ

เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้มีความถูกต้องตามหลักวิชา มีความสมบูรณ์ครบถ้วน ตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวน ตรวจสอบข้อสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

4.3.6 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง

เมื่อตรวจสอบข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบ ฉบับทดลอง โดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบและจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

4.3.7 ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ

การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของ แบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับ กลุ่มที่ต้องการสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ โดยสภาพ การปฏิบัติจริงของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในโรงเรียนมักไม่ค่อยมีการทดลองสอบและวิเคราะห์ ข้อสอบ ส่วนใหญ่นำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อปรับปรุงข้อสอบและ นำไปใช้ในครั้งต่อไป

4.3.8 จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบ หากพบว่าข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือมี คุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจึงจัดทำเป็น แบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

4.4 ข้อสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple-Choice)

มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถใช้ วัดผลการเรียนรู้ ทั้งความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และผลการเรียนรู้ขั้นสูงได้ สามารถสร้างให้วัด ได้ครอบคลุมเนื้อเรื่องตามโครงสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปใช้พัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐาน ได้ แต่มีข้อจำกัดที่สร้างให้มีคุณภาพดีได้ยาก ต้องใช้ผู้รู้ในเนื้อหาและมีทักษะในการเขียนข้อสอบ ก่อนข้างสิ้นเปลืองเวลาและแรงงาน ไม่ค่อยเหมาะสมสำหรับใช้วัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ข้อสอบแบบหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ ข้อสอบแบบหลายตัวเลือกประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ตัวคำถาม (Stem) และตัวเลือก (Alternatives หรือ Options) ซึ่งนิยมใช้ 3-6 ตัวเลือก ในส่วนของตัวเลือกประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูก เรียกว่า ตัวคำตอบ (Answer หรือ key) 1 ตัว ส่วนที่เหลือเป็นตัวเลือกที่ผิด เรียกว่า ตัวลวง (Distracters)

4.5 กรอบพฤติกรรมที่ต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมาลี สมพงษ์ และ เฟลินพิศ คุณคำ (2539: 42-71) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสมรรถภาพทางสมองและสติปัญญา เช่น ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ในเรื่องราวที่เรียนไปแล้วมากขึ้นเพียงใด โดยใช้แบบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้แบบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เรื่อง “การวิเคราะห์เชิงแสง เป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก แบ่งพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 6 ด้าน คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ (Knowledge)

ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถของสมองที่เก็บสะสมเรื่องราวต่างๆ หรือ ประสบการณ์ทั้งปวงที่ตนได้รับรู้มา และสามารถระลึกเรื่องราวต่างๆ นั้นออกมาได้ แบ่งออกได้เป็น 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ใน ด้านความรู้ในวิธีการดำเนินการ ด้านความรู้รอบคอบในเรื่อง

2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ (Comprehension)

ความเข้าใจหมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ความจำไปดัดแปลงปรับปรุงเพื่อให้สามารถจับใจความได้ หรือเปรียบเทียบ ย่นย่อเรื่องราว ความคิด ข้อเท็จจริงต่างๆ ทั้งยังสามารถอธิบายและเปรียบเทียบสิ่งที่มีลักษณะหรือสภาพคล้ายคลึงเป็นทำนองเดียวกับของเดิมได้ บุคคลที่มีความเข้าใจในสิ่งใด จะสามารถแปลความ ตีความหรือขยายความ เกี่ยวกับสิ่งนั้นได้ คำถามที่ใช้วัดความเข้าใจจึงแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ การแปลความ การตีความ และการขยายความ

3. พฤติกรรมด้านการนำไปใช้ (Application)

การนำไปใช้หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องราวต่างๆ ไปใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันหรือในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ทำนองนั้นได้ หรือสามารถหาสิ่งของมาทดแทนสิ่งของที่ขาดหายไป หรือ แก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นพฤติกรรมขั้นสูงกว่าความจะและความเข้าใจ

4. พฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ (Analysis)

การวิเคราะห์หมายถึง การแยกแยะพิจารณารายละเอียดของสิ่งต่างๆ หรือ เรื่องราวต่างๆ ว่ามีชิ้นส่วนใดสำคัญที่สุด สองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กันมากที่สุด และชิ้นส่วนเหล่านั้นอยู่ร่วมกันได้ หรือทำงานได้เพราะใช้หลักการใด ลักษณะของการวิเคราะห์ก็คือ การใช้วิจารณ์ญาณเพื่อการไตร่ตรองนั่นเอง แบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

5. พฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ (Synthesis)

การสังเคราะห์หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานเรื่องราว หรือสิ่งต่างๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่ หรือสิ่งใหม่ที่แปลกไปกว่าเดิม

การสังเคราะห์ตรงข้ามกับการวิเคราะห์ เพราะการวิเคราะห์คือการแยกแยะ พิจารณารายละเอียดหรือชิ้นส่วนต่างๆ ส่วนการสังเคราะห์คือ การนำชิ้นส่วนเล็กๆ มาผสมปรุงแต่ง ขึ้นใหม่ พฤติกรรมการสังเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ การสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์ แผนงาน และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

6. พฤติกรรมการประเมินค่า (Evaluation)

การประเมินค่าหมายถึง การวินิจฉัย ตัดสิน หรือ ตีราคา เรื่องราว ความคิด เหตุการณ์ต่างๆ โดยการสรุปเป็นคุณค่าว่า ดี-เลว เหมาะสม-ไม่เหมาะสม อย่างมีหลักเกณฑ์ แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ การประเมินโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายใน และการประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ ภายนอก

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ศศิเกษม ทองยงค์ และลีลา สีนานุเคราะห์ (2523: 76) ได้ให้ความหมายของคำว่าทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง กระบวนการที่มีการสืบค้นหาความจริง พิสูจน์กฎเกณฑ์ บางอย่าง ทดลอง ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการฝึกฝนด้านการปฏิบัติและการพัฒนา ความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2532: 5) ได้ให้ความหมายของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual skills) ที่นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหา ต่างๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 13 ทักษะ ทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะ กระบวนการขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ หรือขั้นผสม

ภพ เลหาฬไพบูลย์ (2537: 14) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะการค้นคว้า ทดลอง โดยในขณะที่ทำการทดลอง ผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านปฏิบัติและพัฒนา ด้านความคิดไปด้วย เช่น การฝึกสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐานและการทำการทดลอง เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะก่อให้เกิดเป็นพฤติกรรมการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

สรศักดิ์ แพรดำ (2544: 32-33) จากความหมายและแนวคิดเกี่ยวกับ ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การ คำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลง ความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปได้อย่างคล่องแคล่ว

ถูกต้องและแม่นยำ เพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหา อันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

จากความหมายที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ในข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ทั้ง 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสม เพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหา อันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551: ออนไลน์) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทั้งสิ้น 13 ทักษะ โดยจัดแบ่งออกเป็น 2 หมวด คือ ทักษะพื้นฐานหรือทักษะเบื้องต้น ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 1-8 ทักษะระดับบูรณาการหรือทักษะเชิงซ้อน ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 9-13 และยังให้ความหมายที่เกี่ยวข้องในแต่ละทักษะสรุปได้ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความเห็นของผู้สังเกต

2. ทักษะการวัด (Measurement) หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสมและความสามารถในการอ่านค่าที่ได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริงพร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

3. ทักษะการคำนวณ (Using numbers) หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณหารหรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่คำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันในกลุ่มเดียวกัน

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space/space relationship and space/time relationship) สเปส (Space) ของวัตถุ หมายถึง พื้นที่ที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปสของวัตถุมี 3 มิติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความหนาของวัตถุ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ 2) สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏจะเป็นซ้าย

ขวาของกันและกันอย่างไร 3) ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง 4) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

6. ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล (Organizing data and communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำใหม่โดยวิธีต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจมากขึ้น อาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอยู่อาจได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลอง คำอธิบายนั้นได้มาจากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตข้อมูลและภายนอกเขตข้อมูล

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบาย ซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกตความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน การคาดคะเนคำตอบที่คิดล่วงหน้ายังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน ข้อความของสมมติฐานต้องสามารถทำการตรวจสอบโดยการทดลองและแก้ไขเมื่อมีความรู้ใหม่ได้

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operation) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตและวัดได้ คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความหมายของศัพท์เฉพาะเป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจนไม่กำกวม ระบุสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็น การวัด การทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

12. ทักษะการทดลอง (Experimentation) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบ สมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทำการทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปของตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

งานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการวัด ทักษะระดับบูรณาการ หรือ ทักษะเชิงซ้อน ประกอบไปด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งวัดได้จาก แบบบันทึกผลบทปฏิบัติการและแบบทดสอบบทปฏิบัติการ

6. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาฬไพบูลย์ (2528: 12) ได้กล่าวถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ ความรู้สึกนึกคิดในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการแก้ปัญหาทางอื่นๆ เพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดี ซึ่งขึ้นอยู่กับความคิดการกระทำที่อาจเป็นอุปนิสัยของนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้น ความรู้สึกนึกคิดดังกล่าวนี้จัดเป็นเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) ผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ควรเป็นผู้มีคุณลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อแสวงหาคำตอบที่มีเหตุผลในข้อปัญหาต่างๆ และจะมีความยินดีมากที่ได้ค้นพบความรู้ใหม่

2. ความเพียรพยายาม นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความเพียรพยายาม ไม่ท้อถอยเมื่อมีอุปสรรคหรือมีความล้มเหลวในการทำการทดลอง มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้

3. ความมีเหตุผล นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ

4. ความซื่อสัตย์ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความซื่อสัตย์ บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริง ด้วยความละเอียดถูกต้อง ผู้อื่นสามารถตรวจสอบในภายหลังได้ เห็นคุณค่าของการนำเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง

5. ความมีระเบียบและรอบคอบ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้เห็นคุณค่าของความมีระเบียบ รอบคอบ และยอมรับมีประโยชน์ในการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน นำวิธีการหลายๆ วิธีมาตรวจสอบผลการทดลองหรือวิธีทดลอง ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ ละเอียดถี่ถ้วนในการทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

6. ความใจกว้าง นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่นโดยไม่ยึดมั่นในความคิดของตนฝ่ายเดียว ยอมรับการเปลี่ยนแปลง ยอมรับพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม

มังกร ทองสุตติ (2523: 12) ได้กล่าวถึงคำว่าทัศนคติหรือเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า คือ การมีความรู้ ทักษะ และรู้จักระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์นั้นยังไม่สามารถทำให้เราเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดีได้อย่างแท้จริง เพราะนักวิทยาศาสตร์ที่ดีจะต้องมีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในตัวเองรวมอยู่ด้วย ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- เป็นคนมีเหตุผลไม่มกมาย
- ไม่เชื่อโชคลาง หรือเชื่อในสิ่งที่ยังไม่มีการพิสูจน์
- เชื่อว่าปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้นย่อมมีสาเหตุที่สามารถอธิบายได้
- อยากรู้ อยากเห็น อยากฟัง ชอบคิดค้น
- รู้จักวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล
- มีการสังเกตอย่างรอบคอบ
- รู้จักจดบันทึกอย่างละเอียด
- มีแผนการทำงานอยู่ตลอดเวลา
- มีจิตใจกว้างขวาง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- ไม่ด่วนตัดสินใจในสิ่งใดๆ จนกว่าจะได้มีการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนและรอบคอบ

เสียก่อน

- มีความรับผิดชอบสูง
- เปลี่ยนแนวความคิดของตนได้ในเมื่อผู้อื่นมีเหตุผลที่ดีกว่า
- ทำงานด้วยความขยันหมั่นเพียร และรู้จักเสียสละ
- มีมนุษยสัมพันธ์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

- ไม่หลงความรู้และรู้จักการถ่ายทอด
- ไม่บิดเบือนข้อเท็จจริง รายงานในสิ่งที่ถูกต้อง ตรงไปตรงมา

วรรณทิพา รอดแรงคำและพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2532: 8) ได้ให้ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ หมายถึง ลักษณะหรือท่าทีหรือพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมา ซึ่งขึ้นอยู่กับความรู้ ประสบการณ์ หรือความรู้สึกของแต่ละบุคคล ลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คือ

- มีเหตุผล
- อยากรู้ อยากเห็น
- มีใจกว้าง
- ซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง
- มีความเพียรพยายาม
- มีความคิดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

สุรางค์ สากร (2537: 54-55) ได้ให้ความหมายของ เจตคติ คือสภาพความพร้อมทางจิตใจ หรือความรู้สึกของบุคคลที่เกิดจากความคิดและประสบการณ์ ซึ่งทำให้บุคคลมีแนวโน้มที่จะแสดง พฤติกรรมต่อบุคคล วัตถุหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ตามทิศทางของเจตคติที่มีอยู่ กล่าวคือ ถ้ามีเจตคติทางบวกก็จะมีพฤติกรรมและปฏิกิริยาตอบสนองไปในทางที่ดี เช่น สนใจ ชอบ สนับสนุน ฯลฯ แต่ถ้ามีเจตคติทางลบก็จะมีพฤติกรรมหรือปฏิกิริยาไปในทางที่ไม่ดี เช่น ไม่สนใจ ไม่ชอบ หลีกหนี ฯลฯ เจตคติเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีอยู่ 2 ลักษณะดังนี้

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะและบุคลิกลักษณะของคนที่แสดงให้เห็นถึงความมีวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ ลักษณะของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีดังนี้

- มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่นโดยไม่ยึดมั่นความคิดความเห็นของตนเพียงฝ่ายเดียว
- มีใจมั่นคงไม่ตัดสินใจง่าย ๆ โดยปราศจากหลักฐาน
- มีความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ
- มีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี
- ยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าต่อการดำรงชีวิต
- คิด พุด และทำอย่างมีหลักเกณฑ์และเหตุผล
- มีความซื่อสัตย์และอดทนในการทำงาน
- มีความรับผิดชอบต่อตนเองและส่วนรวม
- มีความสุขุมรอบคอบ การสรุปความคิดเห็นจะอยู่บนรากฐานของข้อมูลที่เชื่อถือ

ได้

2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitude toward science) เป็นความรู้สึก ความชอบไม่ชอบ ความนิยมของบุคคลที่มีต่อวิทยาศาสตร์

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ให้มีราคาถูก โดยการใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและราคาถูก เพื่อนำเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้น มาใช้ในการเรียนสอนของนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มากขึ้น ตัวอย่างงานที่มีการประดิษฐ์เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และมีการประยุกต์ใช้กับเครื่องมือที่มีราคาถูก เช่น

ฮามิลตัน และคนอื่นๆ (Hamilton; et al. 1966: 1052-1054) ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่อง Spectrophotometer อย่างง่าย โดยใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งทำให้มีราคาถูก โดยมีการประยุกต์ให้แหล่งกำเนิดแสงมีลักษณะที่เปล่งแสงได้ 4 ความยาวคลื่น เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ โดยขณะทำการทดลองสามารถเลือกให้เครื่องมือวิเคราะห์เปล่งความยาวคลื่นที่ต้องการเพื่อให้เหมาะกับสารที่จะวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังทำให้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะที่เป็นลำแสงคู่ (Dual beam) สามารถวัดสารตัวอย่างพร้อมกับสารมาตรฐานได้ในเวลาเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการวัดและความแม่นยำที่มากขึ้น เครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถสร้างได้โดยง่ายและมีต้นทุนที่ต่ำ ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการของนักศึกษา ทำให้นักศึกษามีความคุ้นเคยกับเครื่องมือและสามารถใช้เครื่องมือที่ราคาแพงกว่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มัสสุโอะ และคนอื่นๆ (Matsuo; et al. 1985: 329-333) ได้ประดิษฐ์เครื่อง Photoelectric Colorimeter โดยมีรูปแบบที่ใกล้เคียงกับเครื่อง Spectronic 20 Colorimeter (SPEC 20) ที่ใช้กันโดยทั่วไปแต่มีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า นำไปใช้ในการเรียนการสอนพบว่าช่วยให้นักศึกษามีความเข้าใจถึงหลักการของเครื่องมือมากยิ่งขึ้น ด้วยลักษณะของเครื่องและหลักการที่มีลักษณะคล้ายกับเครื่อง SPEC 20 จึงเหมาะกับการเรียนการสอนในระดับเริ่มต้น ทำการทดลองกับสารละลายที่มีสีสั่นสวยงามเพื่อให้นักศึกษาเห็นความแตกต่างที่ชัดเจน

ฟาบีโอและบาวเวนทูรา (Fabio; & Boaventura. 2000: 258-261) ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์อย่างง่ายสำหรับการไทเทรตอัตโนมัติโดยอาศัยหลักการวัดแสงเป็นการเชื่อมโยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับการไทเทรตเพื่อเป็นการสาธิตหรือนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการ การไทเทรตโดยทั่วไปอาศัยการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพเช่น การเกิดตะกอน การเปลี่ยนสีของสารละลาย ซึ่งเป็นการสังเกตโดยใช้สายตา ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น การไทเทรตอัตโนมัติจะช่วยแก้ปัญหานี้ โดยการนำเทคนิคของการวัดค่าทางแสงมาประยุกต์ใช้กับการไทเทรต งานวิจัยนี้ได้นำเสนออุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาง่ายๆ ราคาถูก มาช่วยในการวิเคราะห์ โดยมีการใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าสามทางเป็นตัวควบคุมการทำงาน ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าจะเชื่อมต่ออยู่กับบิวเรต ตัววัดปริมาณแสงและระบบควบคุมวงจร ทำหน้าที่วัดปริมาณแสงที่สามารถผ่านตัวอย่าง โดยใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสง และมี phototransister เป็นตัวรับแสง

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงที่ผ่านตัวอย่าง ระบบจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ที่ติดกับบิวเรตให้ทำการปิดหรือเปิดบิวเรต อุปกรณ์เหล่านี้สามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูก จึงเหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการและช่วยให้การไทเทรตมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เมลิสสาและสมิธ (Melissa; & Samide. 2001: 1510-1512) ได้ทำการประดิษฐ์เครื่อง Spectrophotometer อย่างง่ายขึ้นมา โดยมุ่งหวังนำมาใช้ในการเรียนปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการระดับปริญญาตรี นักศึกษาในระดับปริญญาตรีได้เรียนรู้ถึงหลักการของเครื่องมือวงจรอย่างง่าย และมีทักษะสามารถที่สร้างเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี โดยการสร้าง Spectrophotometer ที่มีส่วนประกอบและหลักการที่ทำขึ้นอย่างง่าย เช่น หลอด LED นำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงและทำให้สามารถเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสงได้ง่าย เพื่อให้เหมาะสมกับสารที่วิเคราะห์ มีการบรรจุสารตัวอย่างลงในกล่องที่มีการปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการรบกวนจากแสงภายนอก ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น คือ Photodiode และ Photoresister พร้อมกับหม้อแปลงไฟฟ้า ในการทดสอบจะให้นักศึกษาทดสอบโดยมี optoelectric ที่แตกต่างกัน และเพื่อเป็นการเปรียบเทียบความไวในการวิเคราะห์ วงจรได้ถูกติดตั้งไว้บน protoboard ซึ่งทำให้นักศึกษาสามารถเห็นภาพของกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในเครื่อง Spectrophotometer ทำให้นักศึกษามีความเข้าใจถึงหลักการของเครื่องมือมากขึ้น รวมทั้งมีความเข้าใจถึงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วย

โมโซและคนอื่นๆ (Mozo; et al. 2001: 355-357) นำหลอด LED มาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงในเครื่อง Spectrophotometer ที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะทองแดงในตัวอย่างน้ำ หลอด LED แต่ละหลอดสามารถให้ความยาวคลื่นในช่วงสั้นๆ หลอด LED ที่มีขายตามท้องตลาดนั้นมีอยู่หลายความยาวคลื่น ทำให้สามารถเลือกใช้ได้หลากหลาย และมีราคาไม่แพงและง่ายต่อการใช้งาน สามารถที่จะเลือกใช้ความยาวคลื่น ให้เหมาะกับงานที่ต้องการวิเคราะห์ได้ หลอด LED มีข้อเสียที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข คือ การใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงไม่มีการใช้ monochromator ทำให้คลื่นแสงที่เปล่งออกมาจากหลอด LED มีลักษณะช่วงกว้าง เครื่อง Spectrophotometer ที่ประดิษฐ์ขึ้นถูกนำไปใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของการเรียนวิชาวิเคราะห์ในระดับปริญญาตรี ด้วยลักษณะของอุปกรณ์ที่มีราคาต่ำ ลักษณะคล่องตัวและง่ายต่อการประดิษฐ์ขึ้นเอง ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการวิเคราะห์โดยใช้แสงเข้าใจเทคนิคการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

กอร์ดอนและคนอื่นๆ (Gordon; et al. 2002: 1005-1006) ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายโดยใช้หลักการทั่วไปของ Spectrophotometer ช่องบรรจุสารทำจากกระป๋องสีดำที่ผ่านการดัดแปลงให้มีช่องสำหรับแสงผ่านเข้าและผ่านออก มีการป้องกันแสงจากภายนอกโดยใช้แผ่นฟิล์มปิดปากกระป๋อง ใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงเพราะมีราคาถูกและหาได้ง่าย บางงานวิจัยได้มีการนำเส้นแก้วนำแสงมาใช้ด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือ ข้อได้เปรียบของการใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสง คือ สามารถใช้ในความยาวคลื่นที่หลากหลาย แต่การใช้หลอด LED จะมีการเบี่ยงเบนไปจากกฎของเบียร์ จึง

ต้องทำการทดสอบเทียบก่อนการทดลอง ในงานวิจัยนี้ได้นำมาทดสอบเทียบกับเกลือของแมงกานีสวอร์ภายในเครื่องมือประกอบด้วย Photorsister ต่ออยู่กับชุดของความต้านทานที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องตรวจจับปริมาณแสง เครื่องมือที่สร้างขึ้นเหมาะกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณในเบื้องต้นหรือเป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบของเครื่องมือและยังประยุกต์กับรายวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นอีกด้วย

ไทเมคกีและคนอื่นๆ (Tymecki; et al. 2008: 1501-1504) ได้พัฒนาเครื่องสเปกโตรโฟโต-มิเตอร์ให้มีราคาถูกลง โดยเสนอให้ใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสง มีการสร้างเครื่องมือที่ประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับที่มีสีแดงและสีน้ำเงินจากหลอด LED ผลการทดลองพบว่า หลอด LED สีแดงที่เป็นตัวตรวจจับสามารถตรวจจับแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดได้ทั้งที่มีสีแดงและสีน้ำเงิน ส่วนหลอด LED สีน้ำเงินสามารถตรวจจับแสงที่มาจากหลอด LED สีน้ำเงินได้เท่านั้น มีการนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับสารละลาย Bromothymol blue และสารประกอบเชิงซ้อน Iron(III)thiocyanate กับ Cobalt(II)thiocyanate จากผลการทดสอบสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสมการ Shochley equation กับ กฎของ Lambert-Beer พบว่าค่าของความต่างศักย์ที่วัดได้จากเครื่องมือจะสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย โดยได้นำความสัมพันธ์ที่ได้มาอธิบายประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้น จากนั้นนำผลจากการทดสอบที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเทคนิคการวิเคราะห์สารโดยระบบการไหล พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องและประสิทธิภาพที่ดีในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ งานวิจัยภายในประเทศ

สุรพล วิหคไพบุลย์ (2543: 73-75) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้เบื้องต้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการสอนแตกต่างจากก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544: 66-70) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คนที่ได้มาจากการสุ่มแบบจัดกลุ่มและใช้แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ

วิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมเกียรติ แก้วจำรัสขุสันติ (2544: 148-154) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเคมีสภาวะแวดล้อม เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี ในผักสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตของสถาบันราชภัฏ เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่นำไปใช้ทดลองคือ นักศึกษาวิชาเอกเคมี ปี 3 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตกรรณ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักศึกษามีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาหลังเรียนบทปฏิบัติการสูงกว่าก่อนเรียน

ทวิช แจ่มจำรัส (2545: 98-103) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เคมี เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยได้นำไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนพุน้ำร้อนจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี

ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันท์ (2545: 79-83) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการแปรรูปและทดสอบสารอาหารสมุนไพร เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนเขมาภิรตาราม จังหวัดนนทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียน 160 คน กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster sampling) จำนวน 30 คน จากนักเรียนทั้งหมด 4 ห้องเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การแปรรูปและทดสอบสารอาหารสมุนไพรมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จำรัส อินทลาภาพร (2545: 142-145) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เคมีเรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อหาคุณภาพและศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนหอวังกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คนที่ได้จากการสุ่มแบบจัดกลุ่มและใช้แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ

วิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก

ผ่องฤดี พวงประดิษฐ์ (2546: 81-84) ได้ทำการพัฒนามาตรฐานปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การย้อมด้วยฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากพืชตามความนิยมของท้องถิ่น เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ทำการศึกษาคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านตาตั่ว อำเภอมะนัง จังหวัดสตูล จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การย้อมด้วยฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากพืชตามความนิยมท้องถิ่นมีคะแนนทดสอบด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยอยู่ในระดับปานกลางและมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ฉัตรชัย วายวรรณะ (2546: 83-85) ได้ทำการพัฒนามาตรฐานปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และด้านทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ไปใช้สอนพบว่าผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีและมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดีมาก

จันทร์จิรา จุมพลหล้า (2546: 119-122) ได้ทำการพัฒนามาตรฐานปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบสารอาหารในเห็ดภูฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อศึกษาผลการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 81.24

พรพิมล บัวศิริ (2546: 112-115) ได้พัฒนามาตรฐานปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยนำไปใช้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) ของโรงเรียนท่ามะกาวิทยา จังหวัดกาญจนบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 12 ห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าระดับดี

ศุภพงศ์ คล้ายคลึง (2548: 52) ได้ทำการศึกษาถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะการทดลองโดยใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนวมุขเมืองราชวิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่

การศึกษา จังหวัดระยอง เขต 2 กระทรวงศึกษาธิการภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 นักเรียนทั้งหมด 30 คน ที่ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับฉลาก จำนวน 1 ห้องเรียน โดยใช้แบบการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

พรทิพย์ วงษ์นาป่า (2548: 172-176) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านความสามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปใช้ทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อัมพร กรุดวงษ์ (2548: 150-153) ได้ทำการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน พบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาสูงขึ้นและสูงกว่าระดับดี และ เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับและสูงกว่าระดับดี

ธนวรรณ โสมน้อย (2548: 93-95) ได้ทำการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ โดยกลุ่มที่ใช้ในการทดลองสอนใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 10 คนเป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 80 และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

รวีวัฒน์ ทิพจ้อย (2551: 119-121) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการใช้

บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยได้นำไปทดลองสอนกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนเซนต์ดอมินิก กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ผลการวิจัย พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 83.88 มากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

สกล ขุขันธิน (2553: 118-121) ได้ทำการพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ในรูปแบบของการลดปริมาณสารอินทรีย์ และสารแขวนลอยในน้ำเสีย เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อทรัพยากรน้ำของนักเรียนหลังการใช้บทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย โดยนำไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนภัทรพิทยาคาร อำเภอกอฉกร์ จังหวัดนครนายก ผลการวิจัยปรากฏว่าผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อทรัพยากรน้ำของนักเรียนภายหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ

งานวิจัยต่างประเทศ

ไรลีย์ (Riley. 1975: 512-A) ได้ศึกษาผลการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูปีชั้นปีที่ 1-4 จำนวน 3 กลุ่ม โดยที่ กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จากการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉพาะทฤษฎี และกลุ่มที่ 3 ให้ทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามปกติ พบว่า กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ 3 ส่วนความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

อัลรูวาซิด (Al-Ruwashid. 1984: 1357-A) ได้ศึกษาผลการสอนวิชาเคมีที่ใช้การบรรยายเพียงอย่างเดียวกับการสอนโดยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง พบว่า นักเรียนที่ได้เรียนด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการบรรยายเพียงอย่างเดียว

มาร์คอฟและโลนนิง (Markow; & Lonning. 1998: 1015-1029) ได้ศึกษาถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ลงเรียนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีมากขึ้น ซึ่งวัดได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนนั้นสูงกว่าก่อนเรียน

คาโรลินและคนอื่นๆ (Carolyn; et al. 2002: 986-1024) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติการทดลอง โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง จากผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยการปฏิบัติการทดลองมีความเข้าใจในเนื้อหา และมีผลการเรียนที่ดีขึ้น

รีเบคคาและคนอื่นๆ (Rebecca; et al. 2012: 659-682) ได้ศึกษาผลการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการฟังบรรยายและการทำปฏิบัติการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มที่ 1 มีการลงเรียนในรายวิชาบรรยายเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 ได้รับการเรียนการสอนโดยการบรรยายและการปฏิบัติการทดลอง พบว่า นักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้โดยการบรรยายและการปฏิบัติการทดลองมีผลการเรียนที่ดีกว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเพียงอย่างเดียว

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น จะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางเรียนที่ดีขึ้น และมีการพัฒนาของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นรวมทั้ง ผู้เรียนยังมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการที่ดีอีกด้วย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เพื่อพัฒนาเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เรียกว่า paired emitter detector diode หรือ PEDD ให้มีราคาถูกและใช้งานได้ง่าย เป็นเครื่องมือที่ไม่มีความซับซ้อน โดยอาศัยหลักการวัดค่าการดูดกลืนแสงเหมือนกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พร้อมทั้งพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับเครื่องมือดังกล่าว สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี เพื่อให้นิสิตเข้าใจหลักการและทฤษฎีของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ช่วยให้นิสิตมีโอกาสนำเครื่องมือมากขึ้น เป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิต ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 42 คน ที่ได้ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 394 ชื่อวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน (CH 394) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โดยในงานวิจัยนี้กลุ่มตัวอย่างกับกลุ่มประชากรเป็นกลุ่มเดียวกันจึงเรียกว่ากลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ในช่วงเวลาเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนในรายวิชา คม 394 ชื่อวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน จำนวน 3 บทปฏิบัติการ ในแต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลา 3 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 9 ชั่วโมง

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD
2. บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

3. แบบบันทึกผลการปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
4. แบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
5. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
6. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ
7. แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

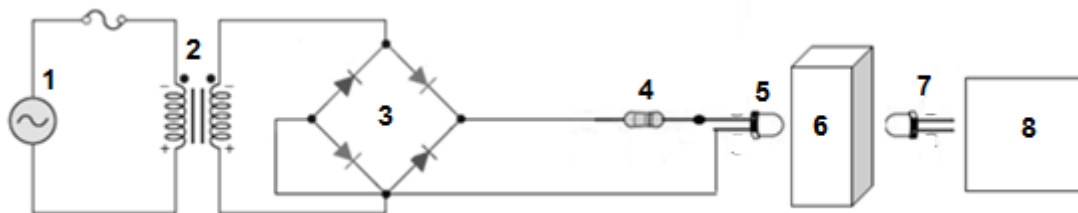
1. การสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักการและการสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสง พบว่าในการการสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงสามารถทำได้โดยการนำหลอด LED 2 หลอด มาใช้เป็นทั้งแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจวัดแสง จึงเรียกอุปกรณ์ชิ้นนี้ว่า paired emitter detector diode หรือ PEDD

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่อง PEDD ซึ่งมีอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1. แผ่น acrylic สีดำ
2. กาวสำหรับแผ่น acrylic
3. หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220 V เป็น 12 V
4. สายไฟ
5. ตัวเก็บประจุ
6. ไดโอด
7. ตัวต้านทาน
8. หลอด LED
9. เครื่อง multimeter

แบบร่างของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง PEDD

- | | |
|---|---|
| 1. แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ (AC) | 2. หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ |
| 3. วงจรบริดจ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง | 4. ตัวต้านทาน |
| 5. LED แหล่งกำเนิดแสง | 6. ช่องสำหรับใส่สารละลาย |
| 7. LED ตรวจวัดแสง | 8. โวลต์มิเตอร์ |

2. การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในบทยปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษายกยปฏิบัติกรเคมีวิเคราะห์ที่มีอยู่ในหลักสูตรของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษายันทิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พบว่า รายวิชาที่มีความเหมาะสมในการนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงไปใช้คือ รายวิชา ปฏิบัติกรวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน (คม 394) ซึ่งมีการใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อยู่ใน 3 บทยปฏิบัติการด้วยกันคือ

1. วิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี
2. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างของแข็ง
3. การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.1 เลือกหลอด LED ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยเลือกจากความยาวคลื่นที่สารละลายที่ใช้ในการทดลองสามารถดูดกลืนแสงได้สูงที่สุด

2.1.1 เตรียมสารละลายเหล็ก (II) สารละลาย Bromothymol Blue สารละลาย KMnO_4 และสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ในแต่ละบทยปฏิบัติการเพื่อนำไปหาช่วงความยาวคลื่นที่สารละลายดูดกลืนแสงสูงสุดด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

2.1.2 บันทึกสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายในข้อ 2.1.1 ในช่วงความยาวคลื่น 200-800 นาโนเมตร

2.1.3 คัดเลือก LED ให้เหมาะสมกับสารละลายแต่ละชนิดสำหรับการใช้ในการสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย (PEDD) ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายเหล็ก (II) สารละลาย Bromothymol Blue สารละลาย KMnO_4 และสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ และหลอด LED ที่เลือกใช้ เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสม

บทยปฏิบัติการ	สารละลาย	ค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด (nm)	LED ที่ทำหน้าที่แหล่งกำเนิดแสง (ความยาวคลื่นที่เปล่งแสงสูงสุด(nm))
1	สารละลายเหล็ก (II)	508	สีเขียว (505 ± 10)
2	สารละลาย Bromothymol Blue	468	สีน้ำเงินแกมเขียว (468 ± 10)
3	สารละลาย KMnO_4	540	สีน้ำเงิน (525 ± 10)
	สารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	460	สีน้ำเงินแกมเขียว (468 ± 10)

2.2 การเลือกหลอด LED ที่ใช้เป็นตัวตรวจวัด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นต่างๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละ
บทปฏิบัติการ

2.2.2 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยหลอด LED ที่เป็นตัวตรวจวัดสีต่างๆ
คือ สีน้ำเงิน (468 nm และ 500 nm) สีเขียว (525 nm) สีส้ม (611 nm) และสีแดง (660 nm) เพื่อใช้
ในการคัดเลือก

2.2.3 เลือกหลอด LED ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจาก ความไว ความเป็น
เส้นตรง ของการตอบสนองต่อแสงที่มาตกกระทบ

ผลการทดลองพบว่า ในบทปฏิบัติการที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำ
ธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี มี LED สีส้มและสีแดงเท่านั้นที่สามารถวัดค่าความต่าง
ศักย์ได้ ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ส่วน LED สี
น้ำเงิน และสีเขียว ไม่สามารถวัดค่าความต่างศักย์ได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ LED สีส้มเนื่องจากให้ค่า
ความเป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์ที่ดีกว่า

ในบทปฏิบัติการที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอเนตในตัวอย่างของแข็งมี
LED สีเขียว สีส้มและสีแดงที่สามารถวัดค่าความต่างศักย์ได้ และมีค่าความต่างศักย์แปรผันตาม
ความเข้มข้นของสารละลาย CO_3^{2-} ส่วน LED สีน้ำเงิน ไม่สามารถวัดค่าความต่างศักย์ได้
ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ LED สีส้ม เนื่องจากให้ค่าความเป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์ที่ดีกว่า

ในบทปฏิบัติการที่ 3 การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
สำหรับสารละลาย KMnO_4 มี LED สีเขียว สีส้ม และสีแดงที่สามารถวัดค่าความต่างศักย์ได้ และมีค่า
ความต่างศักย์แปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย KMnO_4 ส่วน LED สีน้ำเงิน ไม่สามารถวัดค่า
ความต่างศักย์ได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ LED สีส้มสำหรับการวิเคราะห์ KMnO_4 เนื่องจากให้ค่าความเป็น
ตรงในการวิเคราะห์ที่ดีกว่า สำหรับสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ มี LED สีเขียว สีส้ม และสีแดงที่สามารถวัด
ค่าความต่างศักย์ได้ และมีค่าความต่างศักย์แปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ส่วน
LED สีน้ำเงิน ไม่สามารถวัดค่าความต่างศักย์ได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ LED สีส้มสำหรับการวิเคราะห์
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ เนื่องจากให้ค่าความเป็นตรงในการวิเคราะห์ที่ดีกว่า

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า หลอด LED สีส้มเหมาะกับการนำมาใช้เป็นตัว
ตรวจวัดแสงในทุกบทปฏิบัติการ

2.3 การหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

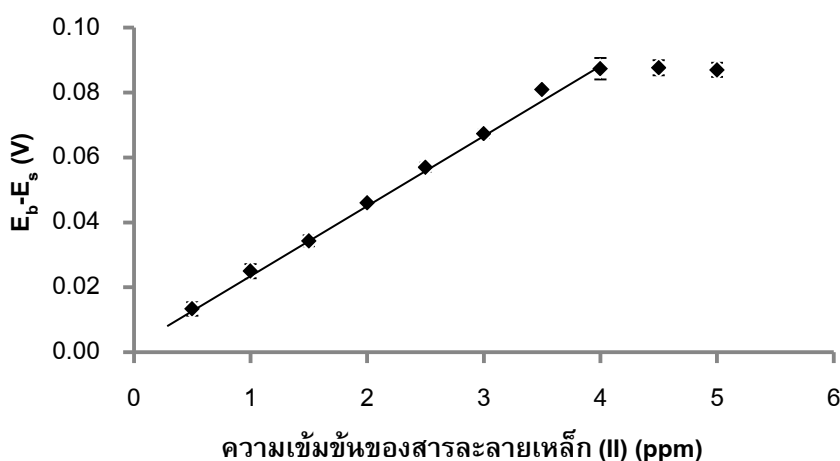
2.3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในบทปฏิบัติการต่างๆ ที่ความเข้มข้น
ต่างๆ

2.3.2 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด

PEDD

2.3.4 เลือกช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความเป็นเส้นตรง (Linearity) ของกราฟมาตรฐาน ผลการทดลองดังภาพประกอบ 2

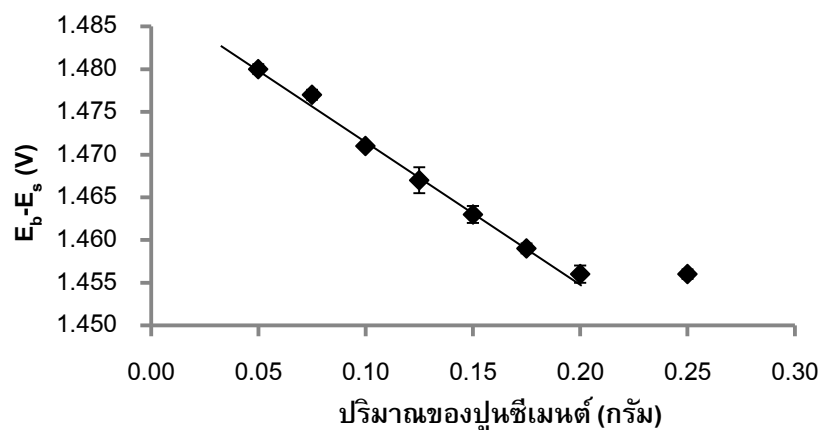
บทปฏิบัติการที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี สามารถสร้างกราฟมาตรฐานที่ได้จากการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย (PEDD) (ภาพประกอบ 2) ผลการทดลองพบว่า เมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) ตั้งแต่ 0.5-4.0 ppm ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จะสูงขึ้นก่อนจะคงที่ที่ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) เท่ากับ 4 ppm ผู้วิจัยได้คัดเลือกความเข้มข้นในช่วง 0.5 – 2.5 ppm สำหรับนำมาใช้ในบทปฏิบัติการ



ภาพประกอบ 2 ผลการวิเคราะห์การหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมของบท

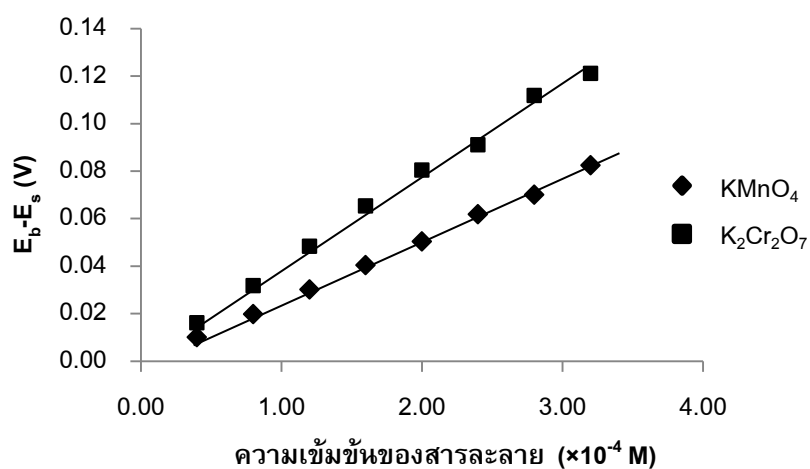
ปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

ในบทปฏิบัติการที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอเนตในปูนซีเมนต์ พบว่ากราฟมาตรฐานที่ได้จากการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอเนตมีค่าความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.05-0.2 กรัม ผู้วิจัยได้คัดเลือกปริมาณ CaCO_3 ในช่วง 0.05-0.15 กรัม สำหรับนำมาใช้ในบทปฏิบัติการ



ภาพประกอบ 3 ผลการวิเคราะห์การหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมของบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเตในสารตัวอย่างของแข็ง

บทปฏิบัติการที่ 3 การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ กราฟมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน KMnO_4 ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในช่วงความเข้มข้น $4 \times 10^{-5} - 3.2 \times 10^{-4} \text{ M}$ ผลการทดลองปรากฏว่ากราฟมาตรฐานมีความเป็นเส้นตรงตลอดทุกความเข้มข้น ผู้วิจัยได้คัดเลือกความเข้มข้นในช่วง $4.00 \times 10^{-5} - 2.00 \times 10^{-4} \text{ M}$ มาใช้ในบทปฏิบัติการ และกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในช่วงความเข้มข้น $4 \times 10^{-5} - 3.2 \times 10^{-4} \text{ M}$ ผลการทดลองปรากฏว่ากราฟมาตรฐานมีความเป็นเส้นตรงตลอดทุกช่วงความเข้มข้น ผู้วิจัยได้คัดเลือกความเข้มข้นในช่วง $4.00 \times 10^{-4} - 2.00 \times 10^{-3} \text{ M}$ มาใช้ในบทปฏิบัติการ



ภาพประกอบ 4 ผลการวิเคราะห์การหาช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

การนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงไปใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลอง เพื่อหาสมการอธิบายความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงกับอย่างง่ายเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายและการอธิบายความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์กับค่าการดูดกลืนแสงของ ไทเมคกิ (Tymecki. 2551: 1501-1504) สรุปได้ดังนี้

สมการเพื่อหาค่าคงที่ของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

$$\Delta E = bA$$

เมื่อ ΔE = ค่าความแตกต่างของความต่างศักย์ของสารละลายแบลงค์และสารละลายตัวอย่าง

b = ค่าคงที่ความเป็นเส้นตรง

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดจากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

มีขั้นตอนการหาค่าคงที่ของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ดังนี้

1. สร้างเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายที่เหมาะสมกับแต่ละบทปฏิบัติการและเตรียมสารละลายในช่วงความเข้มข้นต่างๆ ที่ได้ทดสอบไปแล้ว
2. นำสารละลายที่เตรียมไว้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และวัดค่าความต่างศักย์ของสารละลายแบลงค์และสารละลายตัวอย่างด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
3. นำค่าความแตกต่างของความต่างศักย์ของสารละลายแบลงค์และสารละลายตัวอย่างกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดจากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาเขียนกราฟความสัมพันธ์จะได้สมการเส้นตรงตามสมการข้างต้น
4. นำค่าของความชันที่ได้จากการเขียนกราฟ ไปคำนวณหาค่าคงที่ประสิทธิภาพของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแต่ละเครื่องโดยการนำค่าความเป็นเส้นตรงไปหารด้วย 1

จากการทดลองหาค่าคงที่ของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงในแต่ละบทปฏิบัติการผลการทดลองเป็นดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี ผลปรากฏว่า เครื่องวัดการดูดกลืนแสงมีค่าคงที่ เท่ากับ 8.64

บทปฏิบัติการที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเดในตัวอย่างของแข็ง สำหรับการทดลองนี้ ผู้วิจัยไม่ได้แปลงค่าความต่างศักย์เป็นค่าดูดกลืนแสง จึงไม่มีค่าคงที่ของเครื่องมือ

บทปฏิบัติการที่ 3 การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ผลปรากฏว่า ค่าคงที่ของเครื่องมือสำหรับสารละลาย KMnO_4 ที่ความยาวคลื่น 525 nm และ 468 nm เท่ากับ

9.53 และ 6.01 ตามลำดับ สำหรับสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่ความยาวคลื่น 525 nm และ 468 nm มีค่าคงที่ของเครื่องมือ เท่ากับ 5.32 และ 7.83 ตามลำดับ

นำค่าคงที่ประสิทธิภาพของเครื่องไปใช้ในการคำนวณค่าการดูดกลืนแสงตามบทปฏิบัติการ ซึ่งสามารถคำนวณค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างได้จากสมการ

$$A = d\Delta E$$

เมื่อ ΔE = ค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์ของสารละลายแบลนด์และสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในบทปฏิบัติการ

d = $1/b$ ซึ่งเป็น ค่าคงที่ประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ

จากนั้นสามารถที่จะเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างกับค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการคำนวณตามสมการ $A = d\Delta E$ ได้

การหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืน ดังนี้

1. หาความแม่นยำ (accuracy) และความเที่ยง (precision) ของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง มีขั้นตอนดังนี้

1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานในแต่ละบทปฏิบัติการจำนวน 3 ความเข้มข้นที่เป็นความเข้มข้นสูง กลาง และต่ำในแต่ละบทปฏิบัติการที่ใช้สำหรับการทดลอง

1.2 ทำการวัดค่าความต่างศักย์ในแต่ละความเข้มข้นซ้ำ ความเข้มข้นละ 5 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในแต่ละครั้ง

1.3 นำมาวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (relative error) และค่า Relative Standard Deviation ผลการทดลองเป็นดังนี้

ตาราง 3 ผลการหาคุณภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยการทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้น
ต่างๆของบทปฏิบัติการทดลองที่ 1 และบทปฏิบัติการที่ 2

บทปฏิบัติการ ทดลอง	ปริมาณสาร ที่วิเคราะห์	ค่าเฉลี่ยจาก การทดสอบ ซ้ำ	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	%R.E.	%R.S.D
บทปฏิบัติการที่ 1	1.00 ppm	1.01 ppm	0.06	1.00	5.94
	2.25 ppm	2.27 ppm	0.07	0.89	3.08
	3.00 ppm	3.03 ppm	0.07	1.00	2.31
บทปฏิบัติการที่ 2	0.050 กรัม	0.0486 กรัม	0.004	0.14	8.23
	0.125 กรัม	0.1268 กรัม	0.007	0.18	5.52
	0.200 กรัม	0.2040 กรัม	0.029	0.40	14.21

ตาราง 4 ผลการหาคุณภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยการทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้น
ต่างๆ ของบทปฏิบัติการที่ 3

ความ ยาวคลื่น	สารละลาย	ความ เข้มข้น	ค่าเฉลี่ยจากการ ทดสอบซ้ำ (M)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	%R.E.	%R.S.D
468 nm	KMnO ₄	4×10^{-5}	3.76×10^{-5}	4.15×10^{-6}	6.00	11.03
		1×10^{-4}	1.20×10^{-4}	1.87×10^{-5}	20.00	15.58
		2×10^{-4}	2.14×10^{-4}	2.51×10^{-5}	7.00	11.73
	K ₂ Cr ₂ O ₇	4×10^{-4}	3.83×10^{-4}	8.37×10^{-6}	4.25	2.78
		1×10^{-3}	9.46×10^{-4}	4.72×10^{-5}	5.40	4.99
		2×10^{-3}	2.16×10^{-3}	8.94×10^{-5}	8.00	4.14
525 nm	KMnO ₄	4×10^{-5}	3.98×10^{-5}	1.64×10^{-6}	0.50	4.12
		1×10^{-4}	1.2×10^{-4}	1.58×10^{-5}	20.00	13.17
		2×10^{-4}	2.0×10^{-4}	1.58×10^{-4}	0.00	79.00
	K ₂ Cr ₂ O ₇	4×10^{-4}	4.18×10^{-4}	8.37×10^{-6}	4.50	2.00
		1×10^{-3}	1.22×10^{-3}	1.30×10^{-4}	22.00	10.67
		2×10^{-3}	2.18×10^{-4}	8.37×10^{-5}	89.10	38.39

จากตาราง 4 พบว่าในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย เพื่อหาค่าความแม่นยำและค่าความเที่ยงโดยทำการทดสอบสารละลายในแต่ละบทยปฏิบัติการจำนวน 5 ครั้ง เมื่อพิจารณาถึงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในแต่ละบทยปฏิบัติการ พบว่ามีความแม่นยำในการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับค่าจริง ส่วนเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์พบว่าค่าความเที่ยงตรงในการวัดแต่ละครั้งสูง จากผลการทดลองทั้ง 2 ด้าน แสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายมีประสิทธิภาพในด้านของความแม่นยำและค่าความเที่ยงสูง แสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดการดูดกลืนแสง ให้ผลการสอบที่คงที่และใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน

2. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น

2.1 เตรียมสารละลายตัวอย่างในช่วงความเข้มข้นที่เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายสามารถตรวจวัดได้

2.2 นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย (PEDD) เขียนกราฟมาตรฐานของสารละลายแต่ละชุดจากเครื่องมือทั้งสอง

2.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ไม่ทราบความเข้มข้น

2.4 นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้จากเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่ไม่ทราบความเข้มข้น เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

การพัฒนาบทยปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ให้เหมาะกับเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

จากการพัฒนาเครื่องมือ ผู้วิจัยพบว่า มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาบทยปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำการศึกษาเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบทยปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ในรายวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน พบว่าบทยปฏิบัติการ วิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติ การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่าง และการวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับเครื่องวัดการดูดแสงอย่างง่ายได้โดยตรงจึงต้องทำการปรับปรุงบทยปฏิบัติการดังกล่าวให้มีความเหมาะสม

2. ทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมแต่ละบทยปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์สำหรับการนำมาวัดด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายที่สร้างขึ้น

3. เรียบเรียงบทยปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ได้รับการปรับปรุงขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วย 3 บทยปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

บทปฏิบัติการที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

บทปฏิบัติการที่ 3 การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

ส่วนประกอบของบทปฏิบัติการ มีดังนี้

- ชื่อบทปฏิบัติการทดลอง
- วัตถุประสงค์ของการทดลอง
- ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
- วิธีการทดลอง
- บันทึกผลการทดลอง
- คำถามท้ายการทดลอง (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

4. นำเสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ปรับปรุงตามคำแนะนำของประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

5. จากข้อเสนอแนะของประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท พบว่าบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ทุกบทปฏิบัติการที่นำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงมาใช้นั้นมีข้อควรปรับปรุงหรือพัฒนา สรุปได้ดังนี้ ปรับปรุงการตั้งจุดประสงค์การทดลองให้ครอบคลุมและชัดเจนมากขึ้นไม่ใช่คำที่เข้าใจยาก และต้องสอดคล้องกับการทดลอง เนื้อหาควรมีความกระชับและเข้าใจง่าย ชัดเจนครอบคลุมประเด็นสำคัญที่อยากให้ผู้เรียนทราบ ขั้นตอนการทดลอง ควรเรียบเรียงให้กระชับและเข้าใจง่าย ไม่วกวน เป็นต้น โดยผู้วิจัยได้นำชุดบทปฏิบัติการมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงนำเสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทอีกครั้งหนึ่ง

การหาคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ได้รับการพัฒนาให้เหมาะกับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือ แบบประเมินบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อปรับปรุงบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ซึ่งมีหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้ +1	คะแนน	เมื่อแน่ใจว่า สอดคล้อง
ให้ 0	คะแนน	เมื่อไม่แน่ใจ

ให้ -1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่า ไม่สอดคล้อง

โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์การทดลอง กับทฤษฎีและวิธีการทดลองของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

จากการพิจารณาชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของผู้เชี่ยวชาญ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2. นำบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นชุดเดียวกับที่ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพื่อทำการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์โดยพิจารณาองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ 4 ส่วน ประกอบด้วย 1) เนื้อหาทฤษฎีประกอบบทปฏิบัติการ 2) สารเคมีและอุปกรณ์ในการทดลอง 3) วิธีการทดลอง 4) การบันทึกผลและรายงานผลการทดลอง โดยใช้แบบประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการ ซึ่งเป็นมาตรฐานค่า 5 ระดับ โดยกำหนดระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนมีความหมาย ดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับปรับปรุง

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการของผู้เชี่ยวชาญดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

จากนั้นนำผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อความเหมาะสมยิ่งขึ้น

จากการประเมินประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์โดยพิจารณาองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ 4 ส่วน ประกอบด้วย 1) เนื้อหาทฤษฎีประกอบบทปฏิบัติการ 2) สารเคมีและอุปกรณ์ในการทดลอง 3) วิธีการทดลอง 4) การบันทึกผลและรายงานผลการทดลอง โดยใช้แบบประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการ ซึ่งเป็นมาตรฐานค่า 5 ระดับ พบว่าความเหมาะสมขององค์ประกอบต่างๆ ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.67-5.00 แสดงว่าทุก

องค์ประกอบของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์มีความเหมาะสมในระดับดี และดีมาก(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

3. นำบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับนิสิตทีละคน ที่มีระดับชั้นสูงกว่านิสิตกลุ่มทดลอง จำนวน 3 คน ทำการทดสอบทีละบุคคล โดยให้นิสิตทำการอ่านบทปฏิบัติการทดลอง เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทปฏิบัติการ เช่น ความชัดเจนของการใช้คำหรือภาษา การอธิบายวิธีการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ เพื่อนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

จากการทดลองนำบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ไปทดลองใช้กับนิสิตจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนิสิตที่มีระดับการเรียนสูงกว่ากลุ่มตัวอย่าง พบว่า บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ยังมีข้อผิดพลาดในเรื่องของการใช้คำที่ยังมีพิมพ์ผิด หรือให้ความหมายที่ผิดอยู่ หรือการเว้นวรรคตอนที่ผิดจังหวะ รวมทั้งบางข้อความหรือบางขั้นตอนของการทดลอง นิสิตบางคนยังไม่เข้าใจความหมายที่ผู้วิจัยต้องการสื่อหรือต้องการให้ทำ และนิสิตกลุ่มนี้ให้คำแนะนำเรื่องการเน้นคำโดยใช้การขีดเส้นใต้หรือตัวหนาตรงข้อความที่ต้องการเน้น เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ผู้วิจัยจึงนำมาพิจารณาและทำการแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะต่อไป

จากนั้นทำการทดสอบกับกลุ่มย่อย โดยเป็นนิสิตที่มีระดับชั้นสูงกว่านิสิตกลุ่มทดลองจำนวน 12 คน ทำการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ให้นิสิตอ่านบทปฏิบัติการและใช้เครื่องมือ เพื่อทำการทดลองตามบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เป็นการเรียนรู้แบบรายบุคคล เพื่อหาข้อบกพร่องของการทำการทดลองและข้อบกพร่องของเครื่องมืออีกครั้งหนึ่ง โดยผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นิสิตกลุ่มตัวอย่าง เพื่อรับทราบข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

จากการทดลองนำบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ไปทดลองใช้กับนิสิตจำนวน 12 คน ซึ่งเป็นนิสิตที่มีระดับการเรียนสูงกว่ากลุ่มตัวอย่าง ให้ทำการทดลองตามบทปฏิบัติการทุกขั้นตอน พบว่า นิสิตส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลอง ได้ตามขั้นตอนการทดลอง แต่ยังมีบางคนที่ไม่เข้าใจบางขั้นตอน และมีปัญหาในการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง ผู้วิจัยจึงแก้ไข โดยก่อนทำการทดลองครั้งแรก ควรมีการเพิ่มขั้นตอนการอธิบายการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างละเอียด

จากนั้นทำการทดสอบภาคสนามเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ โดยทำการทดลองกับนิสิต จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือให้เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการและแบบทดสอบในแต่ละบทปฏิบัติการ เป็นเครื่องมือวัดโดยที่

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยของแต่ละบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 80%

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 80%

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

1. ศึกษาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์และแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ โดยอาศัยการศึกษาจากแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่มีอยู่แล้ว มาทำการปรับปรุงแก้ไข
2. สร้างแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ให้ครอบคลุมกับเนื้อหาที่มีในบทปฏิบัติการ
3. นำแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

จากการนำเสนอแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท พบว่า ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทให้คำแนะนำในเรื่องของความชัดเจนของข้อคำถามและความครอบคลุมเนื้อหาในบทปฏิบัติการ การใช้ภาษาในการถามที่อาจจะทำให้เข้าใจได้ยาก ผู้วิจัยจึงได้นำชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

วิธีการหาคุณภาพแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

การหาคุณภาพแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือแบบประเมินแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อปรับปรุงแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ซึ่งมีหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้ +1	คะแนน	เมื่อแน่ใจว่า สอดคล้อง
ให้ 0	คะแนน	เมื่อไม่แน่ใจ
ให้ -1	คะแนน	เมื่อแน่ใจว่า ไม่สอดคล้อง

โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างเอกสารประกอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ขั้นตอนการทดลอง และวิธีการทดลอง กับแบบทดสอบบทปฏิบัติการของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ระดับ .05 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า แบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.60-1.00 หากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่ำกว่า 0.5 ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

2. นำแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับ นิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในกลุ่มที่ไม่ได้ เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่า อำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเป็นรายชื่อ

3. คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจ จำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 5 ข้อ

จากการนำแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ไปทดลองใช้กับนิสิตจำนวน 30 คน โดยตรวจให้คะแนนจากข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ผิดให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจสอบคะแนน เรียบร้อยแล้ว หาค่าความยากง่าย (p) และ อำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมี วิเคราะห์เป็นรายชื่อพบว่ามีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.70-0.80 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 8 ข้อ และค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.80-0.90 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้น ไป จำนวน 7 ผู้วิจัยจึงนำข้อสอบมาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

4. นำแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่คัดเลือกไว้แล้วบทปฏิบัติการละ 5 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

จากการนำแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (r_H) ของ แบบทดสอบทั้งฉบับ โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่าแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมี วิเคราะห์ ทั้ง 3 บทปฏิบัติการมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.67 0.78 และ 0.62 ตามลำดับ (ดูรายละเอียด ในภาคผนวก ค)

ขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ครอบคลุม ทั้ง 3 บทปฏิบัติการ โดยดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและประเมินผล การสร้าง เครื่องมือวัดผลวิชาวิทยาศาสตร์

2. วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การทดลองแต่ละบทปฏิบัติการโดยวิธีการสร้าง ตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of specifications) มาสร้างแบบวัดผลการเรียนรู้เป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก โดยแบ่งพฤติกรรมที่ต้องการวัดเป็น 3 พฤติกรรม ประกอบด้วย 1) ด้านความเข้าใจ 2) ด้านการนำไปใช้ 3) ด้านการคิดวิเคราะห์ ข้อคำถามจะออกมามากกว่าข้อคำถามที่ต้องใช้ ประเมิน 2 เท่า เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ คำถามแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกเพียงข้อเดียว โดยมี เกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ ดังนี้ ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด หรือตอบเกิน 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

3. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว 40 ข้อ เสนอต่อประธานและคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

จากการนำเสนอแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ต่อ
ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทพบว่า ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท
ให้คำแนะนำในเรื่องของความชัดเจนของข้อคำถามและความครอบคลุมเนื้อหาในบทปฏิบัติการ การ
ใช้ภาษาในการสื่อความหมาย รวมทั้งความสอดคล้องกันของข้อคำถามกับตัวเลือก ความชัดเจนใน
แต่ละตัวเลือก ผู้วิจัยจึงได้นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์มาปรับปรุง
แก้ไขตามคำแนะนำของประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

วิธีหาคุนภาพแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

การหาคุนภาพแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีขั้นตอน
ดังต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมี
วิเคราะห์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบท
ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือ
แบบประเมินแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่มีลักษณะเป็นมาตรฐานค่า 3 ระดับ คือ
สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อปรับปรุงแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ซึ่งมีหลักการ
ให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้ +1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ตรงเนื้อหาและจุดประสงค์การทดลอง

ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจว่าวัดได้ตรงเนื้อหาและจุดประสงค์การทดลอง

ให้ -1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ไม่ตรงเนื้อหาและจุดประสงค์การทดลอง

จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง
(IOC) ระหว่างข้อคำถาม ตัวเลือก จุดประสงค์การทดลอง และพฤติกรรมที่ต้องการวัด คัดตัวเลือกที่
มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป หรือปรับปรุงแก้ไขตามความเหมาะสม

จากการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่า
ตั้งแต่ 0.67-1.00 จำนวน 36 ข้อ และข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 จำนวน 4
ข้อ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุง เพื่อนำไปทดสอบวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจ
จำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่อไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว
ไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ
โรฒ ในกลุ่มที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความ
ยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเป็นรายข้อ

3. คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจ
จำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ

จากการนำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดสอบกับนักเรียนเรียบร้อยแล้วมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว นำไปวิเคราะห์ความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เป็นรายข้อ คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.77 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 20 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

4. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์-ริชาร์ดสันโดยใช้สูตร KR-20

นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_K) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

ขั้นตอนการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กศ.บ.5 ปี) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ของรายวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน
2. ศึกษาหลักการสร้างแบบทดสอบจากทฤษฎีและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือแบบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. สร้างแบบทดสอบเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป เป็นการทดสอบแบบข้อสอบอัตนัย ตามจุดประสงค์ของแต่ละทักษะ โดยวิธีการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of Specifications) จากนั้นออกข้อคำถามและข้อคำตอบให้ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพัฒนาการทั้ง 3 ทักษะ โดยมีการออกข้อสอบไว้เกินที่จะใช้ประมาณ 2 เท่า เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา
4. นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

จากการนำเสนอแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท พบว่า ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทให้คำแนะนำในเรื่องของการใช้คำในข้อคำถามที่อาจจะทำให้เกิดความเข้าใจที่ผิดพลาด ข้อคำถามที่ยังไม่ครอบคลุมเนื้อหาในบทปฏิบัติการ และข้อคำถามยังไม่สัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมี วิเคราะห์มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

วิธีการหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือ แบบประเมินแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อปรับปรุงแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- ให้ +1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ตรงผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
- ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจว่าวัดได้ตรงผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
- ให้ -1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ไม่ตรงตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถาม ตัวเลือก จุดประสงค์การทดลองและทักษะการเรียนรู้ด้านการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ คัดตัวเลือกที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป หรือปรับปรุงแก้ไขตามความเหมาะสม

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 จำนวน 26 ข้อ และข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.3 จำนวน 1 ข้อ ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุง เพื่อนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ต่อไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2. นำแบบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในกลุ่มที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเป็นรายข้อ

3. คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 15 ข้อ

จากการนำกระดาษคำตอบที่นิสิตตอบแล้วมาตรวจให้คะแนนโดยข้อที่ถูกให้ 1 คะแนนและข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) พบว่าข้อสอบมีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.23-0.77 และอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบมาจำนวน 10 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

4. นำแบบวัดทักษะกระบวนการปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่คัดเลือกไว้แล้วจำนวน 10 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

นำแบบวัดทักษะกระบวนการปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_H) ของแบบทดสอบทั้งโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่าแบบวัดทักษะกระบวนการปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 79) และวิธีการสร้างแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) และการวัดผลการเรียนรู้ในด้าน เจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

2. สร้างแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ จำนวน 15 ข้อ เป็นมาตราประมาณค่า 5 อันดับ โดยแบ่งระดับการให้คะแนน แต่ละข้อเป็น 5 อันดับ คือ 5, 4, 3, 2 และ 1 ดังนี้

โดยกำหนดค่าน้ำหนักของข้อความที่แสดงความรู้สึกทางบวกและทางลบ พิจารณาให้ระดับคะแนนดังนี้

	คะแนนทางบวก	คะแนนทางลบ
ระดับดีมาก	5	1
ระดับดี	4	2
ระดับปานกลาง	3	3
ระดับพอใช้	2	4
ระดับต้องปรับปรุง	1	5

การแปลความหมายข้อมูลใช้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

3. นำแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อประธานและคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

จากการนำเสนอแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท พบว่า ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้คำ และความสอดคล้องต่อเจตคติในแต่ละด้าน ซึ่งในบางข้อ

คำถาม ยังมีความไม่ชัดเจนอยู่ ผู้วิจัยจึงได้นำแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

การหาคุณภาพของแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือแบบประเมินแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อปรับปรุงแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- | | |
|--------------|---|
| ให้ +1 คะแนน | เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ตรงผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง |
| ให้ 0 คะแนน | เมื่อไม่แน่ใจว่าวัดได้ตรงผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง |
| ให้ -1 คะแนน | เมื่อแน่ใจว่าวัดได้ไม่ตรงตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง |

โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.6-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยในขั้นตอนการทดลองสอนมีแผนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง โดยดูจากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานและการวิเคราะห์ปริมาณของสารละลายมาตรฐาน

2. การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 เป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ได้นำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงมาใช้ในบทปฏิบัติการเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือให้เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์และแบบทดสอบในแต่ละบทปฏิบัติการเป็นเครื่องมือวัด โดยที่

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยของแต่ละบทปฏิบัติการได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

3. การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 มีรูปแบบเป็นกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest posttest design) ดังตาราง 5

ตาราง 5 แบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3

กลุ่ม	Pretest	Treatment	Posttest
E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ E แทน กลุ่มตัวอย่าง
 T₁ แทน ทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
 T₂ แทน ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
 X แทน การทำปฏิบัติการด้วยบทปฏิบัติการที่ได้รับการปรับปรุงให้ใช้กับเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่สร้างขึ้น

4. การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 มีรูปแบบเป็นกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest posttest design) ดังตาราง 6

ตาราง 6 แบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4

กลุ่ม	Pretest	Treatment	Posttest
E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ E แทน กลุ่มตัวอย่าง
 T₁ แทน ทดสอบก่อนลงมือปฏิบัติการโดยใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ
 T₂ แทน ทดสอบหลังลงมือปฏิบัติการโดยใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ
 X แทน การทำปฏิบัติการด้วยบทปฏิบัติการที่ได้รับการปรับปรุงให้ใช้กับเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่สร้างขึ้น

5. ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 5 มีรูปแบบเป็นกลุ่มเดียวเป็นการทดสอบหลังจากทำบทปฏิบัติการ มีแบบแผนการวิจัยดังตาราง 7

ตาราง 7 แบบแผนการวิจัยในการทดสอบสมมติฐานที่ 5

Group	Treatment	Posttest
E	X	T

เมื่อ E แทน กลุ่มตัวอย่าง
 X แทน การทำปฏิบัติการด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
 T แทน การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

การวิจัยในขั้นตอนการทดลองสอนเป็นการวิจัยเชิงทดลองมีรูปแบบการทดลอง (Experimental design) เป็น 1 กลุ่ม คือกลุ่มตัวอย่างและประชากรเป็นกลุ่มเดียวกัน โดยมีการทดสอบที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่สมมติฐานของการทดลองที่ตั้งไว้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อหัวหน้าภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัยและการใช้กลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2555 – มกราคม 2556
2. ชี้แจงรายละเอียดและทำการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการที่ได้รับการปรับปรุงให้ใช้เครื่องวัดค่าการดูดแสงอย่างง่าย กับนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้องเรียนหรือ 30 คน เพื่อทำการเก็บข้อมูล โดยใช้แบบบันทึกผลปฏิบัติการ แบบทดสอบบทปฏิบัติการ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังทำบทปฏิบัติการ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
3. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบ และการเก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์หาคุณภาพวัดค่าการดูดกลืนแสงที่สร้างขึ้น โดยใช้ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างเทียบกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานและใช้ผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น

2. การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืน แบบบันทึกผลปฏิบัติการที่สร้างขึ้น แบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ และแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

3. หาค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

4. การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ

5. การวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 สถิติพื้นฐาน

6.1.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบบันทึกบทปฏิบัติการทดลอง แบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ และแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ของกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553: 106) โดยคำนวณจากสูตรหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ของแบบบันทึกผลปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของแต่ละกลุ่ม

N แทน จำนวนของคะแนนในแต่ละกลุ่ม

6.1.2 แบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ และแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553: 106) โดยคำนวณจากสูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$(\Sigma X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
ΣX^2	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละหน่วยยกกำลังสอง
N	แทน	จำนวนนักเรียน

6.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

6.2.1 หาความสอดคล้องเชิงเนื้อหา โดยทำการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การทดลองกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบบันทึกบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ และแบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553: 106) มีสูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1
	ΣR	แทน	ผลรวมของการพิจารณาคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

6.2.2 ความยากง่าย (Difficulty index: p) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination index: r) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ของกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบในรายข้อ (Item analysis) (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2545: 41) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากง่าย
	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	P_H	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง
	P_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ
	n	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูงหรือต่ำ

6.2.3 หาความเชื่อมั่นของของ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ของกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาโดยแบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน ใช้สูตร KR-20 (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553: 76) โดยคำนวณจากสูตร

$$r_{tt} = \left(\frac{K}{K-1} \right) \left(1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
	K	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ
	p	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดแต่ละข้อ ($q = 1 - p$)

6.2.4 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ของกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553: 76) คำนวณจากสูตร

$$\alpha = \left(\frac{K}{K-1} \right) \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
	K	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนรวมทั้งฉบับ

6.3 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

6.3.1 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย เมื่อเทียบกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน ใช้ t-test for independent samples (สุภชัย ใช้ เทียมวงศ์, 2546: 40-41) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p} \sqrt{\frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum [(x_i)_1 - \bar{x}_1]^2 + \sum [(x_i)_2 - \bar{x}_2]^2}{N - k}}$$

เมื่อ	$\bar{x}_1$	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์จากเซตที่ทำโดยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน
	$\bar{x}_2$	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์จากเซตที่ทำโดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย
	N_1	แทน	จำนวนครั้งที่ทำการทดลองในเซตที่ทำโดยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน

N_2 แทน	จำนวนครั้งที่ทำการทดลองในเซตที่ทำโดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย
S_p แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (Pooled standard deviation)
X_i แทน	ค่าที่วัดได้แต่ละครั้งในแต่ละเซต
$N - k$	เป็นระดับขั้นความเสรี (degree of freedom) ของการวัดทั้งหมด ซึ่งหาได้จาก $N - k = (N_1 - 1) + (N_2 - 1)$

6.3.2 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายเมื่อนำไปวัดสารละลายมาตรฐาน ใช้ t-test (ศุภชัย ไข่เทียมวงศ์, 2546: 40) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}; df = n - 1$$

เมื่อ

t แทน	ค่าสถิติ
$\bar{x}$ แทน	ค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลการวิเคราะห์
μ แทน	ค่าความเข้มข้นมาตรฐาน
S แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์
n แทน	จำนวนครั้งในการวิเคราะห์

6.3.3 สถิติที่ใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ให้สูตร E_1/E_2 ดังนี้ (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528: 284) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x_1}{n}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum x_2}{n}}{B} \times 100$$

เมื่อ

E_1	แทน	ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยของแต่ละบทปฏิบัติการ
E_2	แทน	ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
$\sum x_1$	แทน	คะแนนรวมจากแบบทดสอบท้ายหน่วยของแต่ละบทปฏิบัติการ
$\sum x_2$	แทน	คะแนนรวมจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
A	แทน	คะแนนเต็มรวมของแบบทดสอบท้ายหน่วยของแต่ละบทปฏิบัติการ
B	แทน	คะแนนเต็มรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

6.3.4 สถิติที่ใช้ศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน จากผลต่างของคะแนนก่อน – หลัง โดยใช้ t-test for dependent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553: 87) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบหลังเรียนและก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบหลังเรียนและก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
	n	แทน	จำนวนนิสิตทั้งหมดที่เป็นกลุ่มทดลอง

6.3.5 สถิติที่ใช้ศึกษาเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน จากแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ โดยคำนวณจากสูตรของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยเสนอตามสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างได้ โดยให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 2 บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้กับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มาใช้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80

สมมติฐานข้อที่ 3 ประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 ประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 5 ประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในระดับดี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สมมติฐานข้อที่ 1 เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่วิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างได้โดยให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD โดยได้ทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ นำมาพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD เพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนการสอนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงเรียนในรายวิชา คม 394 ชื่อวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน จำนวน 3 บทปฏิบัติการ ในแต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลา 3 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 9 ชั่วโมง เมื่อผู้วิจัยพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD เรียบร้อยแล้ว ได้ดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานและสารตัวอย่างตามวิธีการทดลองในแต่ละบทปฏิบัติการ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

อย่างง่ายชนิด PEDD และเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เพื่อคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย ตัวอย่างที่ได้จากทั้ง 2 เครื่อง จากนั้นนำผลความเข้มข้นตัวอย่างที่ได้จาก 2 เครื่องมา เปรียบเทียบผลต่างโดยวิธีทางสถิติแบบ t-test for independent samples ตามสูตรของ ศุภชัย ใช้ เทียมวงศ์ (2546: 40-41) ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 8- 11

ตาราง 8 ผลการทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) โดย เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับการ ทดลองที่ 1

เครื่องมือ	N	ความเข้มข้น Fe(II)		t	df	p
		ค่าเฉลี่ย	S.D.			
เครื่อง UV-spectrophotometer	5	2.25	0.02	-0.600	8	0.565
เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD	5	2.27	0.07			

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน สำหรับบทปฏิบัติการที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก (II) จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 2.25 ppm และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.02 ส่วนเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก (II) เท่ากับ 2.27 ppm และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.07 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ t-test for independent samples ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็กที่วัดได้จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตาราง 9 ผลการทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอเนต โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับบทปฏิบัติการที่ 2

เครื่องมือ	N	ปริมาณ CO_3^{2-}		t	df	p
		ค่าเฉลี่ย	S.D.			
เครื่อง UV-spectrophotometer	5	0.125	0.002	-0.549	8	0.598
เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD	5	0.127	0.007			

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน สำหรับบทปฏิบัติการที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนเนต จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 0.125 กรัม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.001 ส่วนเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนเนต เท่ากับ 0.127 กรัม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.07 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ t-test for independent samples ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนเนต จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตาราง 10 ผลการทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลาย KMnO_4 โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับการทดลองที่ 3

เครื่องมือ	N	ความเข้มข้น KMnO_4 (M)		t	df	p
		ค่าเฉลี่ย	S.D.			
เครื่อง UV-spectrophotometer	5	1.56×10^{-4}	2.55×10^{-6}	-21.301*	8	0.000
เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD	5	1.89×10^{-4}	2.35×10^{-6}			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน สำหรับบทปฏิบัติการที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน KMnO_4 จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 1.56×10^{-4} M และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.55×10^{-6} M ส่วนเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน KMnO_4 เท่ากับ 1.89×10^{-4} M และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.35×10^{-6} เมื่อนำไปทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ t-test for independent samples ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน KMnO_4 จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตาราง 11 ผลการทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์สำหรับการทดลองที่ 3

เครื่องมือ	N	ความเข้มข้น $K_2Cr_2O_7$ (M)		t	df	p
		ค่าเฉลี่ย	S.D.			
เครื่อง UV-spectrophotometer	5	9.10×10^{-4}	1.34×10^{-5}	15.098*	8	0.000
เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD	5	6.89×10^{-4}	2.99×10^{-6}			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐาน พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ จากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 9.10×10^{-4} M และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.34×10^{-5} ส่วนเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ เท่ากับ 6.89×10^{-4} M และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.99×10^{-6} M เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ ใช้ t-test for independent samples ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 พบว่าค่าเฉลี่ยของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

สมมติฐานข้อที่ 2 บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่นำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มาใช้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80

ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD และบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ และนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว นำไปทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาด้านสัตวศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ จากการศึกษาและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 12 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบประจำบทปฏิบัติการในแต่ละบทปฏิบัติการ และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาด้านสัตวศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน

การทดสอบ	บทปฏิบัติการทดลองที่			ค่าร้อยละรวม 3 บทปฏิบัติการ (E ₁)	ค่าร้อยละ (E ₂)
	1	2	3		
ระหว่างเรียน	78.67	80.67	82.67	81.11	-
หลังเรียน	-	-	-	-	81.15

จากตาราง 12 พบว่า ในการทำแบบทดสอบในแต่ละบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ในบทปฏิบัติการที่ 1 บทปฏิบัติการที่ 2 และบทปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีคะแนนระหว่างเรียนเฉลี่ยร้อยละ 81.11 และจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ทุกบทปฏิบัติการ นิสิตได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.15 จึงสรุปได้ว่า ชุดบทปฏิบัติการทดลองเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 81.11/81.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80 ที่กำหนดไว้ เนื่องจากนิสิตมีความสนใจ ใฝ่ที่จะเรียนรู้ สนใจทำกิจกรรมการทดลองและให้ความร่วมมือขอทำการทดลองอย่างเต็มที่ จึงทำให้ชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

สมมติฐานข้อที่ 3 ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการวิจัยจากนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาด้านสัตวศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยให้ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples ตามสูตรของ ศุภชัย คุ้มเทียมวงศ์ (2546: 40-41) ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 42 คน

เครื่องมือ	N	ค่าเฉลี่ย (20 คะแนน)	S.D.	t	df	p
Pre-test	42	11.00	2.38	-8.297*	82	0.000
Post-test	42	15.23	2.05			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีคะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.00 และ 2.38 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน จากนั้นจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์จำนวน 3 บทปฏิบัติการ แล้ววัดคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 15.23 และ 2.05 ตามลำดับ แล้วนำไปทดสอบด้วยสถิติทดสอบพบว่า สถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 8.297 และองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 82 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง)

สมมติฐานข้อที่ 4 ประสิทธิภาพการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการวิจัยจากนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยให้ทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD และทำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples ตามสูตรของ ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ (2546: 40-41) ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 14

ตาราง 14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ของนิสิต ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 42 คน

เครื่องมือ	N	ค่าเฉลี่ย (10 คะแนน)	S.D.	t	df	p
Pre-test	42	5.21	1.77	-9.797*	82	0.000
Post-test	42	8.43	1.17			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 พบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีคะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.21 และ 1.77 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน จากนั้นจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์จำนวน 3 บทปฏิบัติการ แล้ววัดคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.43 และ 1.17 ตามลำดับ แล้วนำไปทดสอบด้วยสถิติทดสอบพบว่า สถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 9.797 และองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 82 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง)

สมมติฐานข้อที่ 5 ประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในระดับดี

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD จากนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒหลังจากทำการเรียนด้วยบทปฏิบัติการจำนวน 3 บทปฏิบัติการ ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 15

ตาราง 15 คะแนนเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3

การประเมิน	เฉลี่ย	ผลการประเมิน
คะแนนเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์	3.99	ดี

จากตาราง 15 แสดงให้เห็นว่าเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ได้จากนิสิตหลังจากทำการทดลองด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ในด้านความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ที่ 3.96 อยู่ในเกณฑ์ ดี และการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.02 อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งถ้าหากพิจารณาทุกด้านรวมกันแล้ว สรุปได้ว่าเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในเกณฑ์ ดี (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง)



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษาด้านเคมี ชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง
2. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรี ประกอบด้วย
 - 3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
 - 3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ
 - 3.3 เจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

สมมติฐานในการวิจัย

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่สร้างขึ้นสามารถวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างได้ โดยให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้กับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มาใช้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80
3. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
5. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในระดับดี

วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาและหาคุณภาพเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ให้สอดคล้องกับบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่มีอยู่แล้ว

2. นำผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ให้เหมาะสมกับบทปฏิบัติการ โดยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีราคาที่ถูกลง และสามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เช่น การใช้แหล่งกำเนิดแสงที่เป็นหลอด LED ตัวตรวจวัดแสงที่เป็นหลอด LED เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการปรับเปลี่ยนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เพื่อให้สอดคล้องกับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD เช่น การปรับเปลี่ยนช่วงของความเข้มข้น เพราะหลอด LED สามารถวิเคราะห์ได้ในช่วงความเข้มข้นที่ต่ำกว่าที่มีอยู่ในบทปฏิบัติการ รวมทั้งการหาค่าคงที่ของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับการนำไปใช้ในบทปฏิบัติการต่างๆ

3. นำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่ประดิษฐ์ขึ้นไปทดลองใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD โดยนำไปทดลองกับบทปฏิบัติการทั้ง 3 บทปฏิบัติการ เพื่อหาคุณภาพดังนี้ การหาความแม่นยำและความเที่ยง การหาคุณภาพของเครื่องมือโดยการทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้นต่างๆ การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และการหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น โดยเมื่อทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว นำไปทดสอบสมมติฐานโดยใช้ ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับการหาความแม่นยำและความเที่ยง และการทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้นต่างๆ ส่วนการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์นั้นใช้ t-test for independent samples ตามสูตรของ ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ (2546: 40-41) และการหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นใช้ One-Sample T Test ตามสูตรของ ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ (2546: 40)

การพัฒนาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์การทดลอง เนื้อหา อุปกรณ์ วิธีการทดลอง บันทึกผลการทดลองและแบบทดสอบบทปฏิบัติการ ของการทดลองในแต่ละบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี

2. นำผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี โดยบทปฏิบัติการทดลองที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD รวมทั้งบันทึกผลการทดลอง แบบทดสอบประจำบทปฏิบัติการผ่านการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมและความ

สอดคล้องขององค์ประกอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.00-5.00 แสดงว่าทุกองค์ประกอบของทุกบทปฏิบัติการมีความเหมาะสมในระดับดีและดีมาก มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

3. นำชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ปรับปรุงให้ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปทดลองหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ที่กำหนดไว้ โดยการนำไปทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 นำไปทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมีจำนวน 3 คน ครั้งที่ 2 นำไปทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 12 คนและครั้งที่ 3 นำไปทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 30 คน (ดูตัวอย่างบทปฏิบัติการในภาคผนวก ค)

4. หากคุณภาพของชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่นำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มาใช้ จากคะแนนในแต่ละบทปฏิบัติการและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 30 คนโดยใช้สูตร E_1/E_2 (เสาวนีย์ สิกขาสันต. 2528: 284) คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบบทปฏิบัติการทำยบทปฏิบัติการทั้ง 3 หน่วย นำมาคิดเป็นคะแนนร้อยละของ E_1 ส่วน E_2 ได้จากคะแนนร้อยละจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่ได้จากจากทดสอบหลังเรียน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

การศึกษาประสิทธิผลของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้วิจัยนำชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ทั้ง 3 บทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 81.11/81.15 ประกอบไปด้วย บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ บันทึกผลการทดลอง และแบบทดสอบปฏิบัติการทดลอง ไปปฏิบัติการสอนกับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 42 คน เพื่อศึกษาประสิทธิผลของชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 3 ด้านได้แก่ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดในแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ดำเนินการดังนี้

1.1 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

1.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

1.3 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีระดับการเรียนสูงกว่ากลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาตรวจคะแนนเพื่อหาความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย เป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.77 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ไว้จำนวน 20 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตร KR-20 ของครุเดอร์-ริชาร์ดสัน พบว่าแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 42 คน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง)

2. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ดำเนินการดังนี้

2.1 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการครอบคลุมทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นการทดสอบแบบข้อสอบอัตนัย

2.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.3-1.00 ซึ่งข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.3 ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุง (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2.3 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการที่คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตร การศึกษาบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีระดับการเรียนสูงกว่ากลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการมาตรวจคะแนนเพื่อหาความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ เป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.23-0.77 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ไว้จำนวน 10 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2.4 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_H) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน พบว่าแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2.5 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 หลักสูตร การศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 42 คน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง)

3. ด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ดำเนินการดังนี้

3.1 สร้างแบบประเมินเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD วิธีการสร้างแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) ซึ่งพิจารณาโดยรวมใน 3 ด้านคือ ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้อบรมปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

3.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.6-1.00(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

3.3 นำแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ให้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินหลังจากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี จำนวน 42 คน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง)

4. นำชุดบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปทดสอบสมมติฐาน เพื่อศึกษาประสิทธิผลของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ดังนี้

4.1 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทางสถิติแบบ t-test Dependent Samples

4.2 ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทางสถิติ t-test Dependent Samples

4.3 ศึกษาเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ใช้คะแนนจากการทำแบบประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์หลังจากที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

สรุปผลการวิจัย

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สามารถใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างได้ โดยให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้กับเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มาใช้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 81.11/81.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80

3. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์จากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในระดับดี

การอภิปรายผล

จากการพัฒนาทบทวนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ผลการศึกษาสามารถอภิปรายผลได้ตามสมมติฐาน ได้ดังนี้

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สามารถใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างได้โดยให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สามารถใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่างได้โดยให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

การทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยอาศัยหลักการการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พร้อมกับการศึกษาหลักสูตรที่มีการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคนิคสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ไปใช้ในการเรียนการสอน แต่เนื่องจากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ใช้ในการเรียนการสอนมีราคาแพง ทำให้เกิดปัญหาเครื่องมือไม่เพียงพอในการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาเครื่องเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ให้มีราคาถูก โดยศึกษาทั้งเอกสารที่เป็นภาษาไทยและต่างประเทศ พบว่า การพัฒนาเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ให้มีราคาถูกและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเรียนการสอน สามารถทำได้โดยการลดต้นทุนของเครื่องมือ โดยการใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในท้องตลาดและมีราคาถูก เช่น แหล่งกำเนิดแสงโดยปกติใช้หลอด H_2 และ D_2 lamp ที่มีราคาแพง แต่งานวิจัยต่างๆ เช่น เมลิสสา และ สมิธ (Melissa; & Samide. 2001: 1510-1512) เสนอให้ใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงแทน ซึ่งมีราคาถูก และให้ประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเรียนการสอน การใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงนั้นมีข้อดีหลายประการ เช่น ความยาวคลื่นที่ได้มาจากหลอด LED เป็นความยาวคลื่นเดียว ที่สามารถคัดเลือกให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ได้เลยโดยไม่ต้องใช้ Monochromator สำหรับการคัดเลือกความยาวคลื่น ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในสร้างเครื่องมือ เป็นการช่วยลดต้นทุนและความซับซ้อนของเครื่องมือได้อีกด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาต่อและพบว่างานวิจัยของไทเมคกี (Tymecki. 2008: 1501-1504) ได้เสนอให้มีการนำหลอด LED มาใช้เป็นตัวตรวจวัดแสง แทนการใช้หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (photomultiplier tube, PMT) หรือเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด (silicon diode detector) เป็นต้น ซึ่งเป็นการลดต้นทุนอีกอย่างหนึ่ง จากการศึกษาและพัฒนาของผู้วิจัย จึงได้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่มีราคาประหยัด ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจวัดทำมาจากหลอด LED ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป นอกจากนี้แล้วอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้สำหรับการประดิษฐ์เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ยังสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด ทำให้สามารถประดิษฐ์เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

ชนิด PEDD ได้จำนวนหลายๆ เครื่อง จนเพียงพอต่อการเรียนการสอนของนิสิต แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ที่สร้างขึ้นนั้น มีความเหมาะสมเฉพาะการนำไปใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่เหมาะสำหรับการนำไปวิเคราะห์ที่ต้องการทราบค่าที่แน่นอนและแม่นยำ เพราะเครื่องมือที่สร้างขึ้น ยังมีความผิดพลาดและข้อจำกัดหลายอย่างอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของโมโซ (Mozo. 2001: 355-357) เช่น การใช้หลอด LED มาเป็นแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจวัดแสงนั้น บางครั้งหลอด LED ที่นำมาใช้ แต่ละหลอดให้ความเข้มแสงในแต่ละช่วงไม่เท่ากัน ขึ้นกับมาตรฐานของหลอด LED ซึ่งอาจจะทำให้การวิเคราะห์เกิดความผิดพลาดได้ นอกจากนี้ การสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงนั้น ทำจากวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายและมีขายตามท้องตลาดทั่วไป อุปกรณ์เหล่านี้อาจจะไม่ได้มาตรฐานหรือมีความเหมาะสมในด้านการนำไปใช้เชิงวิเคราะห์ที่ต้องการทราบค่าที่แน่นอนและแม่นยำ

เมื่อพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเรียนการสอนเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการหาคุณภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง 2 ด้านด้วยกันคือ หาความแม่นยำและความเที่ยง โดยการทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้นต่างๆ จากการทดลองพบว่า เครื่องวัดการดูดกลืนแสงมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี อาจเป็นผลเนื่องจาก ผู้วิจัยได้ทำการสร้างอย่างเป็นระบบ มีการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งการออกแบบให้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงใช้งานได้ง่าย และราคาถูกทำให้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่สร้างขึ้นนั้น มีคุณภาพ เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ สอดคล้องกับงานวิจัยของมาซุโอะ (Tsutomu matsuo. 1989: 848-851) ที่ได้พัฒนาเครื่อง Photoelectric Colorimeter สำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการอยู่ในเกณฑ์ดี และเมื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนมีความสนใจในเครื่องมือที่มีรูปแบบแปลกใหม่และมีความตั้งใจในการเรียนสูงขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ตั้งแต่การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงมาใช้ในบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลวิจัยในครั้งนี้ คือ บทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง มีประสิทธิภาพในด้าน ความแม่นยำและความเที่ยง การหาคุณภาพของเครื่องมือโดยการทดสอบซ้ำในช่วงความเข้มข้นต่างๆ การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม จึงเหมาะกับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2. บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่นำเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายมาใช้มี ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80

จากการทดลองพบว่า บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่นำเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ชนิด PEDD มาใช้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 81.11/81.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80 เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

การพัฒนาบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ผู้วิจัยได้ ดำเนินการพัฒนาตามขั้นตอนต่างๆ อย่างเป็นระบบ ตั้งแต่ ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งด้านเนื้อหา วิชาการและการปฏิบัติการทดลอง เพื่อนำมากำหนดวัตถุประสงค์การทดลอง เนื้อหาที่ต้องการให้ ผู้เรียนทราบ การกำหนดอุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องใช้ในการทดลอง ขั้นตอนวิธีการทดลอง การ บันทึกผลการทดลองและแบบทดสอบบทปฏิบัติการ ของการทดลองในแต่ละบทปฏิบัติการที่ใช้ เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี รวมทั้งได้มีการศึกษา หลักสูตรที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน สอดคล้องกับ หลักสูตรและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ในการที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืน แสงอย่างง่ายชนิด PEDD ให้เกิดประโยชน์กับผู้เรียนมากที่สุด การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมี วิเคราะห์ผู้วิจัยได้จัดทำให้สอดคล้องกับการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี โดยบทปฏิบัติการทดลองที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD รวมทั้งบันทึกผลการทดลอง แบบทดสอบประจำบทปฏิบัติการผ่านการประเมินคุณภาพด้าน ความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าความ เหมาะสมขององค์ประกอบต่างๆ ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่าง ง่ายชนิด PEDD มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.00-5.00 แสดงว่าทุกองค์ประกอบของทุกบทปฏิบัติการมีความ เหมาะสมในระดับดีและดีมาก มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 ซึ่งแสดงให้เห็นถึง ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริกานต์ ผาสุก (2543: 233-235) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมี ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่องการสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากสมุนไพรในท้องถิ่น สำหรับ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ ซึ่งหลังจากทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเรียบร้อยแล้ว ได้นำบทปฏิบัติการไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 11 ท่าน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง วัตถุประสงค์กับเนื้อหา วัตถุประสงค์กับวิธีการทดลองและวัตถุประสงค์กับคำถามท้ายการทดลอง พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.56 – 1.00 แสดงว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นและ ผ่านการประเมินโดยผู้เชียวชาญนั้นมีประสิทธิภาพสำหรับนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่สอดคล้องกับการทดลองของผู้วิจัย เช่น วิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ (2556, 42) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้าง และหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้นำบทปฏิบัติการที่ พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพทั้งในส่วนของบทปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์การทดลอง ซึ่งผลปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์ดี หลังจากนั้นนำบทปฏิบัติการไปหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการพบว่า มีค่าเท่ากับ $81.89/82.67$ ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ($80/80$) และสอดคล้องกับ ธนวรรณ โสมน้อย (2548, 70) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ได้นำบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ไปความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบรายงานผลบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์และคำถามท้ายการทดลอง ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมิน ผลปรากฏว่า ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีและดีมาก และส่งผลให้ผลการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอีกด้วย

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ บทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดแสง ทั้ง 3 บทปฏิบัติการ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ $81.11/81.15$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ $80/80$ ที่กำหนดไว้ ทำให้บทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

3. ประสิทธิผลทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างพบว่า ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นผลมาจาก

ประการแรก การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ทั้งทางด้านปัญหาสภาพความพร้อมของเครื่องมือ ปัญหาการขาดแคลนเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอน รวมทั้งเป็นการพัฒนาและส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหาจากสภาพจริงที่ผู้เรียนพบเจอ ได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหา จนทำให้ผู้เรียนมีความตระหนักและเห็นคุณค่าของการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับ คำกล่าวของ สุเทพ อุตสาหะ (2526: 68) ที่กล่าวไว้ว่า ประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง ค้นพบหลักการด้วยตนเอง รู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์อีกด้วย นอกจากนี้การเรียนปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้บทปฏิบัติการควบคู่กับการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเกิดปฏิสัมพันธ์อันดีกับผู้ร่วมทำการทดลอง เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการ รวมทั้งการพัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะการทำงานเป็นกลุ่ม สอดคล้องกับแนวความคิดของ วรณทิพา รอดแรงเค้า และพิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2551) โดยกล่าวไว้ว่า การเรียนที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการ

ทดลองเป็นกลุ่มตามขั้นตอนการดำเนินการทดลองในบทปฏิบัติการจะเป็นการพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการต่างๆ เช่น ทักษะปฏิบัติการ ทักษะกระบวนการคิด ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการกลุ่มจึงเป็นการพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านเนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประการที่สอง การเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD มีความแตกต่างจากบทปฏิบัติการทั่วไป ที่ใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการเคมีทั่วไป ซึ่งนิสิตสามารถเห็นและเคยได้สัมผัสมาก่อน แต่ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่มีลักษณะแปลกใหม่และนิสิตไม่เคยได้ใช้เครื่องมือนี้มาก่อน จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้สนใจในเนื้อหาที่เรียนเพิ่มขึ้นด้วย จึงส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรทิพย์ วงษ์นาป่า (2548: 153) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากเปลือกมังคุด มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ในพฤติกรรมทั้ง 4 ด้าน สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ เนื่องมาจากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เน้นการปฏิบัติการทดลอง ยึดการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำ ทำให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง จึงทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น สนใจต่อการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิศิษฐ์ศรี โตศกุลวรรณ (2556, 42-43) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน (23.20 และ 0.64 ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (18.60 และ 0.41 ตามลำดับ) นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์ยังพบอีกว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองสามารถอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของพืชดอกได้ถูกต้อง ส่วนผู้เรียนกลุ่มควบคุมบางคนยังสับสนและเข้าใจผิดเกี่ยวกับโครงสร้างพืชดอก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการก่อนการบรรยายเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของสกล ขุขันธิน (2553: 93) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) โดยก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.28 และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.53 ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนการสอนที่มีการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการวางแผนและการกำหนดเป้าหมายการทดลองอย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยความมุ่งมั่นและตั้งใจอย่างเต็มศักยภาพส่งผลให้ได้มาซึ่งความรู้ความสามารถ จึงส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ประสิทธิภาพของทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจาก

ประการแรก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ซึ่งเป็นทักษะระดับบูรณาการ ที่ประกอบไปด้วย ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจาก นิสิตระดับอุดมศึกษามีความพร้อมทั้งทางการรู้สึกรู้สึกคิดรวมทั้งความรู้ทางด้านวิชาการ และการใช้ทักษะพื้นฐานต่างๆ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท และทักษะการจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล เป็นต้น จนนำความรู้การพัฒนาตนในด้านทักษะระดับบูรณาการ

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD เป็นกิจกรรมการทดลองที่ให้นิสิตได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ นิสิตได้ปฏิบัติการทดลองตามบทปฏิบัติการที่ได้เรียนมา เป็นการฝึกคิดอย่างเป็นระบบ และมีแบบแผนที่ชัดเจน เริ่มตั้งแต่การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูล การลงมือปฏิบัติการทดลอง การบันทึกผลและสรุปผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายการทดลอง รวมทั้งการจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้มา ซึ่งการที่นิสิตได้กระทำตามขั้นตอนที่กล่าวมานั้น เป็นการฝึกให้นิสิตปฏิบัติการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นิสิตได้รับประสบการณ์ตรง ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเองและการใช้กระบวนการกลุ่ม เป็นการฝึกให้นิสิตได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ด้วยตนเอง เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นต้น รวมทั้งเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ที่ประกอบไปด้วย ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นต้น ซึ่งทักษะเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้ทำการทดลองและลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง เป็นผลให้นิสิตมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ดังที่คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 :116) กล่าวว่า การทดลองนั้นถือเป็น หัวใจของการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะเพราะแกนนำไปสู่การฝึกผู้เรียนในแง่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวรรณ โสมน้อย (2548: 71-72) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่องการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งพบว่า การเรียนที่ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการ นั้น จะช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประเทือง สุกุมลจันทร์ (2545: 68) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพร สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544: 55) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคนิคการแยกสารมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และยังสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดได้ดี ต้องเกิดจากการปฏิบัติ

จากข้อมูลดังได้กล่าวมาข้างต้นเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้คือ ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับ บุรณาการจากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ประสิทธิภาพทางการเรียนด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์จากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในระดับดี

จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์จากการใช้บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่ในระดับ ดี เมื่อแยกเจตคติของนิสิตที่มีต่อบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงเป็นรายด้าน พบว่า นิสิตมีความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนด้วยบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5 สามารถอภิปรายผลเจตคติของนิสิตที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นรายด้านได้ ดังนี้

ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น เป็นการฝึกให้นิสิตทดลองด้วยตนเองและเป็นการทำกิจกรรมกลุ่ม กิจกรรมการทดลองตามปฏิบัติการทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาความจริง เป็นการฝึกทักษะการทดลองปฏิบัติการ ช่วยให้นิสิตมีความคล่องตัวในการทดลอง เปิดโอกาสให้มีการอภิปรายโต้ตอบ ไขข้อสงสัยกันภายในกลุ่ม รวมทั้งยังทำให้เกิดการอภิปรายถึงผลการทดลองและสรุปผลอย่างอิสระ นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มที่มีความสนใจในการเรียนการสอนที่เน้นให้มีการทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง จึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้น นอกจากนี้ด้วยความ

แปลกใหม่ของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง จึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวรรณ โสมน้อย (2548: 75) พบว่า คะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา อยู่ในระดับดี ซึ่งหากพิจารณาถึงด้านความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จะอยู่ในเกณฑ์ดี

ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง นิสิตมีเจตคติอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

บทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงเป็นสิ่งใหม่สำหรับนิสิต เครื่องวัดการดูดกลืนแสงเป็นเครื่องมือที่นิสิตไม่เคยได้ใช้มาก่อน รวมทั้งเครื่องวัดการดูดกลืนแสงเป็นเครื่องมือที่สร้างจากวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และราคาถูก แต่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์สารได้ จึงช่วยเพิ่มความสนใจให้กับนิสิต ส่งเสริมให้นิสิตได้รับประสบการณ์ตรง ทำให้นิสิตเกิดความคิดสร้างสรรค์ เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนปฏิบัติการมากกว่าปกติ เพราะความน่าสนใจของบทปฏิบัติการที่มีความเหมาะสมกับระดับของนิสิต และความน่าสนใจของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง ส่งเสริมให้นิสิตเกิดความสนุกสนานในการศึกษาความรู้ด้วยตนเอง การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542: 11) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำช่วยให้นักเรียนเกิดความพร้อมและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีข แฉ่มจรัส (2545: 81) พบว่า การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น อยู่ในเกณฑ์ดี

บทปฏิบัติการที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่พัฒนาขึ้น เป็นเรื่องที่น่าสนใจและแปลกใหม่สำหรับผู้เรียน เพราะโดยปกติของการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการ นิสิตจะได้ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี แต่ในบทปฏิบัติการนี้ได้เพิ่มเครื่องวัดการดูดกลืนแสงเข้ามาด้วย ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มความน่าสนใจของบทปฏิบัติการ ซึ่งเมื่อนิสิตได้เรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการเรียนหรือในการต่อยอดความคิดในการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงได้

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจในเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD และการนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปใช้ในโอกาสต่อไปได้ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD

1.1 การนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปใช้ในการเรียนการสอน ผู้สอนควรทำความเข้าใจถึงหลักการและวิธีการใช้ให้ละเอียดก่อนการนำไปใช้ทุกครั้ง เพราะเครื่องวัดการดูดกลืนแสงมีลักษณะหลายอย่างที่แตกต่างไปจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผู้สอนจึงควรทำความเข้าใจก่อนทำการสอนอย่างละเอียด

1.2 การนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปใช้ ควรใช้ด้วยความระมัดระวังเรื่องของกระแสไฟฟ้า เพราะเครื่องวัดการดูดแสงใช้ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ และวงจรภายใน ผู้วิจัยเป็นผู้ต่อวงจรด้วยตนเอง ซึ่งอาจจะมีข้อผิดพลาดได้

2. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำบทปฏิบัติการไปใช้

2.1 การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่สร้างขึ้น ถูกสร้างให้อยู่บนพื้นฐานของบทปฏิบัติการอยู่ 3 บทปฏิบัติการด้วยกันคือ การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำธรรมชาติ ด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี การวิเคราะห์หาปริมาณสารผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ และการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์ 2 บทปฏิบัติการแรกนั้น เป็นบทปฏิบัติการที่มีอยู่แล้วในรายวิชา คม 394 ชื่อวิชา ปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐาน (CH 394) ซึ่งเป็นวิชาของ นิติระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และบทปฏิบัติการ การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างปูนซีเมนต์ เป็นบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยคิดขึ้นมาใหม่ จากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัว ซึ่งคิดว่าจะเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ดังนั้น ในการนำไปใช้ อาจจะใช้บทปฏิบัติการนี้ในการดึงดูดความสนใจของผู้เรียนหรือผู้สนใจอาจจะคิดค้นหรือพัฒนาบทปฏิบัติการอื่นๆ ให้สอดคล้องกับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD เพื่อเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้เรียนเพิ่มขึ้น

2.2 ในบทปฏิบัติการที่ 3 การวิเคราะห์สารละลายผสมระหว่าง KMnO_4 กับ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ นั้น ยังมีข้อผิดพลาดที่ควรแก้ไขในเรื่องของการวิเคราะห์ที่ยังให้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนเนื่องมาจากข้อจำกัดของ LED ที่ไม่สามารถให้ช่วงความยาวคลื่นเพียงค่าเดียวได้ แต่จะให้ค่าความยาวคลื่นอยู่ในช่วง ± 10 nm ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการวิเคราะห์ สารละลายผสมได้ ผู้วิจัยจึงขอแนะนำว่า ผู้สนใจอาจจะแก้ไขได้โดยการเพิ่มในส่วนของการ filter หรือ ส่วนคัดเลือกความยาวคลื่น เพื่อให้ผลการวิเคราะห์แม่นยำมากยิ่งขึ้น หรืออาจจะหลีกเลี่ยงโดยการไม่นำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปวิเคราะห์สารละลายผสม

2.3 บทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาเอง ซึ่ง 3 บทปฏิบัติการนั้น เป็นบทปฏิบัติการสำเร็จรูปที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้เลย จึงเป็นบทปฏิบัติการที่ไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเท่าที่ควร ดังนั้น ผู้ที่สนใจนำไปให้ควรรีบทักวิธีที่จะทำให้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD และบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นนั้น ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนและฝึกให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น เช่น การให้ผู้เรียนคัดเลือกความยาวคลื่นด้วยตนเอง คัดเลือกสีของหลอด LED ด้วยตนเอง หรือเป็นการให้ผู้เรียนนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปวิเคราะห์สารละลายที่อยู่ในชีวิตประจำวัน จะเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้มากยิ่งขึ้น

3. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD อยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี ดังนั้นในการวิเคราะห์แต่ละครั้งจะต้องไม่มีแสงจากภายนอกเข้ามารบกวน ผู้วิจัยจึงแนะนำว่าในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มการทดสอบการรบกวนของแสงจากภายนอกด้วย

3.2 ในการพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ครั้งต่อไป ควรมีการปรับปรุงให้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ให้สามารถปรับเลือกความยาวคลื่นได้ภายในเครื่องมือ เพื่อลดขั้นตอนความยุ่งยากของเครื่องมือ

3.3 ควรปรับปรุงค่าความต่างศักย์อ่านค่าได้ให้เปลี่ยนเป็นค่าการดูดกลืนแสงโดยอัตโนมัติ

3.4 การนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ไปใช้ในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการเคมี ควรมีขยายไปยังบทปฏิบัติการอื่นด้วย เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณเครื่องมือให้เพียงพอต่อจำนวนผู้เรียน



บรรณานุกรม

- กาญจนา เกียรติประวัติ. (2524). *นวัตกรรมทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- กิ่งฟ้า สินธุวงศ์; และ ละออ แสนศักดิ์. (2524). *หลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์: เอกสารประกอบการสอนวิชา 214 351 : หลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ฉบับปรับปรุง พิมพ์ครั้งที่ 2*. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จันทร์จิรา จุมพลหล้า. (2546). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตและการตรวจสอบสารอาหารในเห็ดภูฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จรัส อินทลาภาพร. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ฉัตรชัย วายูวรรณ. (2546). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง"การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว"สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชวาล แพรัตน์กุล. (2508). *เทคนิคการวัดผล*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ชูศรี วงศ์วัฒน์. (2553). *เทคนิคการเขียนเค้าโครงการวิจัย: แนวทางสู่ความสำเร็จ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทวิช แจ่มจรัส. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง นำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น: กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธนวรรณ โสมน้อย. (2548). *การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). *การพัฒนาการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

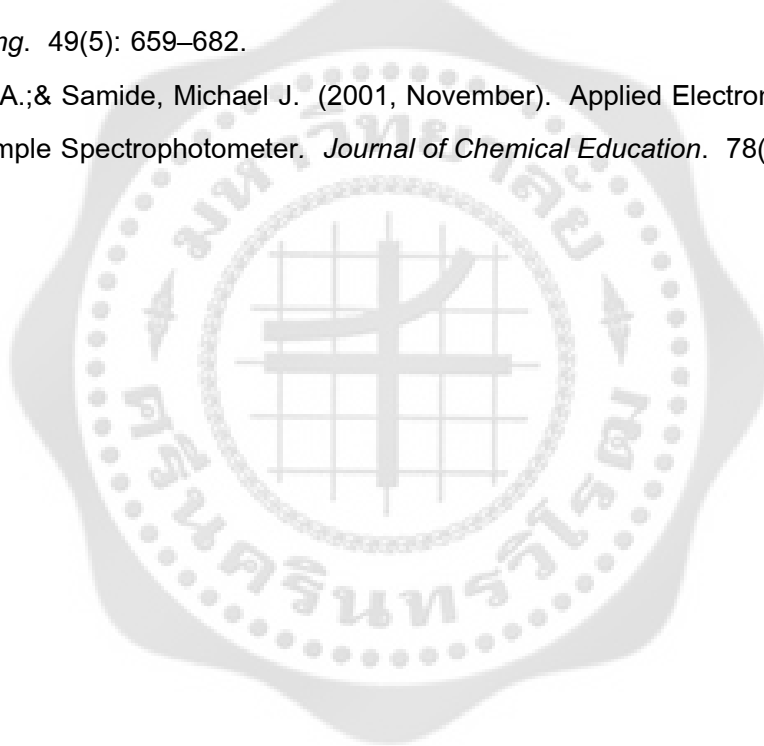
- ผ่องฤดี พวงประดิษฐ. (2546). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง "การย้อมด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากใบพืชตามความนิยมของท้องถิ่น". ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรทิพย์ วงษ์นาป่า. (2548). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจาก ผลมังคุดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรมมล บัวศิริ. (2546). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2545). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แฮ็ส ออฟ เคอร์มีส์.
- _____(2553). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้: ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน พิมพ์ครั้งที่ 8, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนคร.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2528). สภาพและปัญหาในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ตามหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- _____(2534). การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา = *Teaching Science in the Secondary School*. เชียงใหม่: ภาคศึกษามัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- _____(2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- _____(2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี รัตนวิจิตร. (2525). การสร้างสเปคโโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยว. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์. (2552). หลักสูตรการศึกษามัธยมศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2554. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2555, จาก <http://science.swu.ac.th/Portals/155/.pdf>

- มังกร ทองสุตติ. (2523). การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หน้า กรุงเทพฯ ภาคพัฒนา
ตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู.
- แมน อมรสิทธิ์; และ อมร เพชรสม. (2539). *หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ = Principles and Techniques of Instrumental Analysis*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- รัตน บัวสนธ์. (2554). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพฯ: คำสมัย.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2551). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
สำหรับครู กรุงเทพฯ สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วรวัฒน์ ทิพจ้อย. (2551). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน
เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญานิพนธ์
กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- วัฒนาพร ระเบียบทุกข์. (2541). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ:
ต้นอ้อ.
- วรายุ ลีประเสริฐ. (2539). คู่มือการสร้างสื่อการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วารีย์ ว่องพินัยรัตน์. (2530). การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาทดสอบและ
วิจัยการศึกษา คณะวิชาครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนสุนันทา สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์.
- วาริรัตน์ แก้วอุไร. (2538). เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักสูตรและการสอนเคมีระดับ
มัธยมศึกษาตอนปลาย. พิษณุโลก: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2551). กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ:
สุวีริยาสาส์น.
- วีระชาติ สวนไพบรินทร์. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โครงการตำราและเอกสารทาง
วิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิศิษฐ์ศรี โตศกุลวรรณ. (2556). การพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้าง
ความรู้ด้วยตนเองเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศศิเกษม ทองยงค์; และ ลีลา สีนานุเคราะห์. (2523). *วิธีสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ หน่วย
ศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.
- ศิริกานต์ ฝาสุข. (2543). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและ
แยกประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราช
ภัฏ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม = Classical Test Theory*. พิมพ์ครั้งที่ 5 (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิลาชัย บุรณพานิช. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการคิดและเสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์. *วารสารครูวิทย์*. 1-5. สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2555, จาก <http://www3.ipst.ac.th/stat/view.php?Page=1242287116909362>
- ศุภชัย ไขเทียมวงศ์. (2546). *เคมีวิเคราะห์*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภพงศ์ คล้ายคลึง. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะการทดลองโดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สกล ขุขันธิน. (2553). *การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนภัทรพิทยาคารย์. ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สมเกียรติ แก้วจรัสสุสันติ. (2544). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีสภาวะแวดล้อมเรื่องการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสีในผักสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตของสถาบันราชภัฏ. ปริญญาโท กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). *การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ*. สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2555, จาก [sci.bsru.ac.th/.../5กระบวนการวิทยาศาสตร์\(สมเกียรติ-วิชาการ\).doc](http://sci.bsru.ac.th/.../5กระบวนการวิทยาศาสตร์(สมเกียรติ-วิชาการ).doc)
- สมจิต สวชนไพบูลย์. (2526). *วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สรศักดิ์ แพรดำ. (2544). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. อุบลราชธานี: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- สุเทพ อูสาหะ. (2526). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. มหาสารคาม: ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- สุภาพ วาดเขียน; และ อรพันธ์ โกชนดา. (2518). *การประเมินผลการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุมาลี สมพงษ์; และ เฟลินพิศ คุณคำ. (2539). *เอกสารประกอบการการสอนวิชา การประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สุรพล วิหคไพบุลย์. (2543). การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรางค์ สากร. (2537). พฤติกรรมการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต : วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2517). วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.
- เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อัมพร กรุดวงษ์. (2548). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง "พลังงานความร้อน" สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อารมณ เพชรชื่น. (2548, มิถุนายน-ตุลาคม). การสังเคราะห์งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 17(1): 77-78.
- Al-Ruwashid, Mohammed Suliman. (1979). The Effect of a Lecture Only and Lecture Laboratory Approach on Riyadh Junior College, Saudi Arabia Chemistry Student' Achievement and Attitudes. *Dissertation*.
- Carolyn S. Wallace; et al. (2003). Learning from Inquiry-Based Laboratories in Nonmajor Biology: An Interpretive Study of the Relationships among Inquiry Experience, Epistemologies, and Conceptual Growth. *Journal of Research in Science Teaching*. 40(10): 986–1024.
- Gordon James. (2002, August). A Film Canister Colorimeter *Journal of Chemical Education*. 79(8): 1005-1006.
- Hamilton Jay R. (1996, November). Development of a Low-Cost Four-Color Led Photometer. *Journal of Chemical Education*. 73(11): 1052-1054.
- Lukasz Tymecki (2008, August). Paired Emitter Detector Diode (Pedd)-Based Photometry – an Alternative Approach. *The Royal Society of Chemistry*. 133: 1501-1504.
- Matsuo Tsulomu.; et al. (1989). Construction of a Photoelectric Colorimeter and Application to Students' Experiments. *Journal of Chemical Education*. 66(4): 329-333.
- Mozo Juan D.; et al. (2001, March). Application of Light Emitting Diodes to Chemical Analysis: Determination of Copper in Water. *Journal of Chemical Education*. 78(3): 355-357.

- Peter G. Markow; & Robert A. Lonning. (1998). Usefulness of Concept Maps in College Chemistry Laboratories: Students' Perceptions and Effects on Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*. 35(9): 1015–1029.
- Riley, Joseph P. (1979, September). The Influence of Hands-on Science Process Training on Preservice Teachers' Acquisition of Process Skills and Attitude toward Science and Science Teaching. *Journal of Research in science Teaching*. 16(5): 373-384.
- Rocha Fábio R. P. (2000, February). A Low-Cost Device for Automatic Photometric Titrations. *Journal of Chemical Education*. 77(2): 258-261.
- Rebecca L. Matz.; et al. (2012). Concurrent Enrollment in Lecture and Laboratory Enhances Student Performance and Retention. *Journal of Research in Science Teaching*. 49(5): 659–682.
- Thal Melissa A.;& Samide, Michael J. (2001, November). Applied Electronics: Construction of a Simple Spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*. 78(11): 1510-1512.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

ด้านเนื้อหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วราดุล จันทรทอง อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านการจัดการเรียนปฏิบัติเคมี

อาจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ส่องศรีโรจน์ อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้ำฝน กุเจริญไพศาล อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ





ภาคผนวก ข

บทปฏิบัติการที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองที่ 1

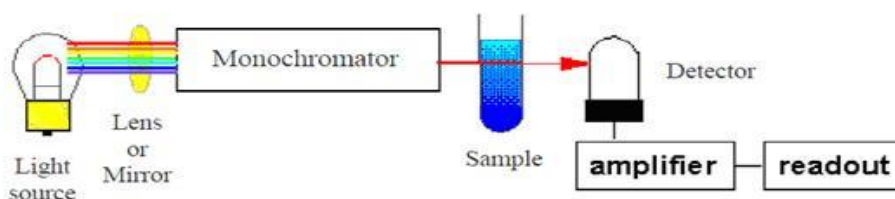
การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อฝึกทักษะการวิเคราะห์ปริมาณด้วยเทคนิค Absorption spectroscopy
2. เพื่อเรียนรู้การวิเคราะห์ปริมาณโดยการเปรียบเทียบกับชุดสารละลายมาตรฐาน ตามกฎของเบียร์ โดยการสร้างกราฟมาตรฐาน
3. ศึกษาการคำนวณค่าการดูดกลืนแสงตามความสัมพันธ์ $A = \log(I_0/I)$
4. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่พัฒนาขึ้นในห้องปฏิบัติการ

หลักการ

เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer เป็นเครื่องที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย โดยทั่วไปมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์คัดเลือกความยาวคลื่น เซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่าง อุปกรณ์ตรวจวัดแสง และส่วนประมวลผล ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1

องค์ประกอบของเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

จากรูปที่ 1 แสงจากแหล่งกำเนิดแสง Tungsten lamp ในเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer จะให้แสงในช่วงที่ตามองเห็นเป็นช่วงกว้าง ตั้งแต่ 320 ถึง 2,500 นาโนเมตร เมื่อผ่านอุปกรณ์คัดเลือกความยาวคลื่น(monochromator) แสงที่ผ่านออกมาจะมีเฉพาะความยาวคลื่นตามต้องการ ในช่วงความยาวคลื่นที่แคบลง (± 1 ถึง 5 นาโนเมตร) อาจเรียกแสงที่ผ่านออกมานี้ว่าเป็นแสงความยาวคลื่นเดียว (monochromatic radiation) มีความเข้มแสงเท่ากับ I_0 เมื่อแสงความยาวคลื่นเดียวนี้ผ่านสารละลายตัวอย่างเกิดการดูดกลืนบางส่วน ทำให้ความเข้มแสงที่ผ่านออกมาน้อยลง มีค่าเท่ากับ I ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบตัวอย่าง และความเข้มแสงที่ผ่านออกมาจากสารละลายตัวอย่างดังสมการ

$$A = \log(I_0/I) \quad \dots\dots\dots (1)$$

A = ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

I_0 = ความเข้มของแสงที่ตกกระทบสารตัวอย่าง

I = ความเข้มของแสงที่ผ่านสารตัวอย่างออกมา

จากกฎของ Lambert-Beer พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสาร จะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลายนั้นดังสมการ

$$A = \epsilon bc \quad \dots\dots\dots (2)$$

ϵ = ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient) เป็นค่าเฉพาะตัวของสาร

b = ระยะทางที่แสงผ่าน (path length, cm) หรือความกว้างของเซลล์ที่บรรจุสาร

c = ค่าความเข้มข้นของสารละลาย

ในการทดลองนี้จะเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer กับ เครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ที่ทำจากหลอด LED (Light emitter diode) จำนวน 2 หลอด สำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง ดังแสดงในรูปที่ 2 จึงเรียกอุปกรณ์แบบนี้ว่า เครื่องมือวัดการดูดกลืนแสง หลอด LED โดยทั่วไปจะถูกใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงในอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เมื่อนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง ปริมาณของค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสงที่ตกกระทบไปยังหลอด LED ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$E = x + y \log(I_L) \quad \dots\dots\dots (3)$$

E = ค่าความต่างศักย์ที่อ่านค่าได้

x, y = ค่าคงที่

I_L = ความเข้มของแสงที่ตกกระทบหลอด LED

ดังนั้น เมื่อทำการวัดสารละลายแบลงค์ แสงจึงสามารถทะลุผ่านสารละลายแบลงค์ได้สูงสุด ทำให้ความเข้มแสงที่ตกกระทบหลอด LED detector มีปริมาณมาก ($I_{\max}$) ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้จึงมีค่าสูง ($E_{\max}$) ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$E_{\max} = x + y \log(I_{\max}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อวัดสารละลายตัวอย่าง แสงที่สามารถทะลุผ่านมาได้นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง (I_{sample}) ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (E_{sample}) จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงที่ตกกระทบหลอด LED detector ดังสมการ

$$E_{\text{sample}} = x + y \log(I_{\text{sample}}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ดังนั้นเราจึงสามารถหาค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์ของสารละลายแบลงค์กับสารละลายตัวอย่างได้ดังสมการ

$$\Delta E_{\text{sample}} = E_{\max} - E_{\text{sample}} = y \log(I_{\max}/I_{\text{sample}}) = y A_{\text{sample}} = y \epsilon bc \quad \dots\dots\dots (6)$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย

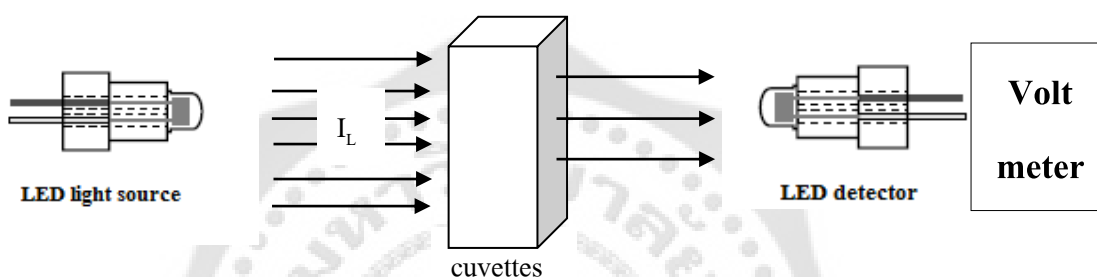
อย่างไรก็ดีการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง PEDD จำเป็นต้องเลือกสีของหลอด LED ให้เหมาะสมกับช่วงความยาวคลื่นที่สารดูดกลืน เนื่องจากการใช้เครื่อง PEDD ผู้ใช้สามารถเลือกค่า

ความยาวคลื่นที่ต้องการจากหลอด LED แต่ละสีเท่านั้น (เช่น LED สีเขียวจะเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 500 -570 นาโนเมตร และ LED สีแดงจะเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 610 - 670 นาโนเมตร) เป็นต้น สามารถคำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวัดค่าความต่างศักย์ ด้วยเครื่อง volt meter ดังแสดงในสมการที่ 7

$$A = d\Delta E \quad \dots\dots\dots (7)$$

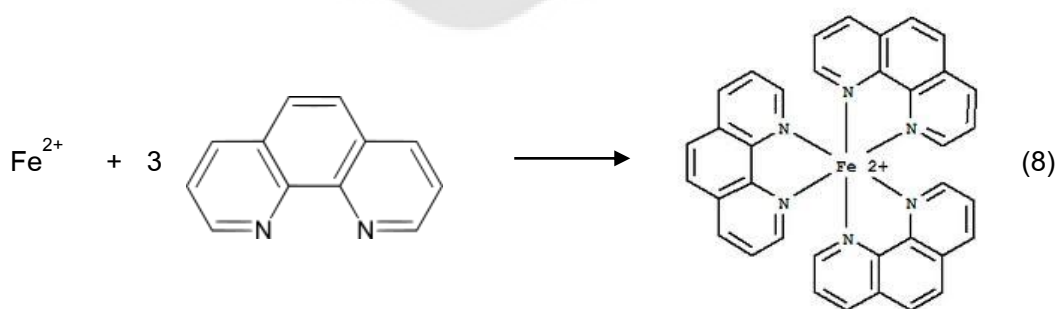
เมื่อ ΔE = ค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์ของสารละลายแบลงค์กับสารละลายตัวอย่าง

d = ค่าคงที่ ที่บอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือ

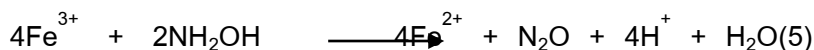


รูปที่ 2 องค์ประกอบของเครื่อง PEED

การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาตินั้น จะอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของ เหล็ก (II) กับสารลิแกนด์ที่มีโครงสร้างใหญ่ เช่น 1,10-ฟีแนโนโทรลีนและเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่มีสีแดงดังสมการ (8) สารเชิงซ้อนที่มีสีแดงสามารถดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 508 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงแสงสีเขียว (complementary color) เมื่อสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก จะได้กราฟเส้นตรงสำหรับนำไปใช้หาปริมาณเหล็กในสารละลายตัวอย่าง



สำหรับ 1,10 ฟีแนโนโทรลีนนี้จะทำปฏิกิริยาเฉพาะกับ Fe(II) เท่านั้น ดังนั้นในการหาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติอาจจะมีเหล็กในสภาวะเลขออกซิเดชัน +3 และ +2 ปะปนกันอยู่ ฉะนั้นในกระบวนการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องรีดิวซ์ Fe(III) ให้กลายเป็น Fe(II) ทั้งหมดด้วยไฮดรอกซิลามีน (NH_2OH) ดังสมการ (5)



สารเคมีและอุปกรณ์

1. สารละลายมาตรฐานเหล็กเข้มข้น 0.05 mg/mL หรือ 50 ppm
2. ไฮดรอกซิลามีนไฮโดรคลอไรด์ 10%
3. สารละลาย 1,10-ฟีแนนโธลีน
4. สารละลายโซเดียมอะซีเตตเข้มข้น 1.2 M
5. กรด H_2SO_4 เข้มข้น
6. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL
7. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่มีความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร พร้อมเซลล์
8. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่สร้างขึ้น

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 50 ppm ที่มีปริมาตร 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL จำนวน 5 ใบตามลำดับ จากนั้นปิเปตต์สารละลายไฮดรอกซิลามีนไฮโดรคลอไรด์ปริมาตร 1.00 mL ปิเปตต์สารละลาย 1,10-ฟีแนนโธลีนปริมาตร 5 mL และปิเปตต์สารละลายโซเดียมอะซีเตตปริมาตร 8.00 mL ลงในขวดวัดปริมาตรที่บรรจุสารละลายมาตรฐานเหล็กทั้ง 5 ขวด แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร เขย่าสารให้เข้ากันดี แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที จนสารละลายทุกขวดมีสีคงที่ จะได้สารละลายมาตรฐานเชิงซ้อนระหว่างเหล็กกับ 1,10-ฟีแนนโธลีน ที่มีเหล็กเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ppm ตามลำดับ

2. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่ใช้น้ำกลั่นปริมาตร 50 mL แทนสารละลายมาตรฐานเหล็ก ไว้เป็นสารละลายแบลนด์ (ทำเพียง 1 ขวด)

3. นำสารละลายข้อ 1 ที่บรรจุในขวดวัดปริมาตรทั้ง 5 ใบ และสารละลายในข้อ 2 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 508 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปพลอตกราฟกับค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็กต่างๆ จะได้กราฟมาตรฐาน

4. จากนั้นนำสารละลายในข้อ 2 ไปวัดค่าความต่างศักย์ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง จะได้ค่า E_{max} และสารละลายข้อ 1 ที่บรรจุในขวดวัดปริมาตรทั้ง 5 ใบ ไปวัดค่าความต่างศักย์ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงจะได้ค่า E_{sample} นำค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์ ($\Delta E = E_{\text{max}} - E_{\text{sample}}$) ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงตามสมการ $A = d\Delta E$ พลอตกราฟค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็กต่างๆ จะได้กราฟมาตรฐาน

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก

ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างเหล็กปริมาตร 10.00 mL ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL จำนวน 2 ขวด และทำตามขั้นตอนข้อ 1 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 508 นาโนเมตรเช่นเดียวกับข้อ 3 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานในข้อ 3 เพื่อคำนวณหาปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำในหน่วย ppm และนำสารละลายตัวอย่างเหล็กไปวัดค่าความต่างศักย์ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง นำค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์ (ΔE) ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงตามสมการ $A = d\Delta E$ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานในข้อ 4 เพื่อคำนวณหาปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำในหน่วย ppm



ชื่อ.....รหัสนิสิต.....กลุ่มที่.....

บันทึกผลการทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมตรี

ตอนที่ 1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

ค่าความต่างศักย์ของสารละลาย blank ($E_{\max}$).....V

ค่าความเข้มข้น ของ Fe(II) (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A) จากเครื่อง spectrophotometer	ค่าความต่างศักย์ ของสารละลายตัวอย่าง (E_{sample}) จากเครื่อง PEDD	$E_{\max} - E_{\text{sample}}$ (ΔE)
0.5			
1.0			
1.5			
2			
2.5			

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์เหล็กในตัวอย่าง

ค่าความเข้มข้น ของ Fe(II) (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A) จากเครื่อง spectrophotometer	ค่าความต่างศักย์ ของสารละลายตัวอย่าง (E_{sample}) จากเครื่อง PEDD	$E_{\max} - E_{\text{sample}}$ (ΔE)
ครั้งที่ 1			
ครั้งที่ 2			

กราฟมาตรฐาน



ปริมาณเหล็กในสาร
ตัวอย่าง.....ppm



ปริมาณเหล็กในสาร
ตัวอย่าง.....ppm

ชื่อ.....รหัสนิสิต.....กลุ่มที่.....

แบบทดสอบการทดลอง
การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

1. monochromator ในเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ทำหน้าที่ใด
2. เพราะเหตุใดจึงจำเป็นต้องรีดิวซ์ Fe(III) ให้กลายเป็น Fe(II) ทั้งหมดด้วยไฮดรอกซิลามีน (NH_2OH)
3. นิสิตคิดว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกหลอด LED สีเขียวมาเป็นแหล่งกำเนิดแสง
4. ค่า d ของเครื่อง PEDD บ่งบอกถึงค่าใด และสัมพันธ์อย่างไรกับค่าการดูดกลืนแสง
5. เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเหล็ก (II) จะส่งผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าที่อ่านค่าได้เพิ่มขึ้นหรือลดลง เพราะเหตุใด

แบบทดสอบการทดลอง
การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

1. monochromator ในเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ทำหน้าที่ใด
คัดเลือกความยาวคลื่น ให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์

2. เพราะเหตุใดจึงจำเป็นต้องรีดิวซ์ Fe(III) ให้กลายเป็น Fe(II) ทั้งหมดด้วยไฮดรอกซิลามีน (NH₂OH)
เหล็กในน้ำธรรมชาติอาจจะมีเหล็กในสภาวะเลขออกซิเดชัน +3 และ +2 ปะปนกันอยู่ ดังนั้นในกระบวนการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องรีดิวซ์ Fe(III) ให้กลายเป็น Fe(II) ทั้งหมดด้วยไฮดรอกซิลามีน (NH₂OH)

3. นิสิตคิดว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกหลอด LED สีเขียวมาเป็นแหล่งกำเนิดแสง
เพราะสารละลายเหล็ก (II) เป็นสารละลายสีส้ม จึงดูดกลืนแสงในช่วง 400-550 นาโนเมตร และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 508 nm ซึ่งตรงกับความยาวคลื่นที่ปล่อยออกมาจากหลอด LED สีเขียว

4. ค่า d ของเครื่อง PEDD บ่งบอกถึงค่าใด และสัมพันธ์อย่างไรกับค่าการดูดกลืนแสง
ค่า d ของเครื่อง PEDD บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือ ใช้ในการคำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากเครื่อง PEDD ตามสมการ $A = d\Delta E$

5. เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเหล็ก (II) จะส่งผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าที่อ่านค่าได้เพิ่มขึ้นหรือลดลง เพราะเหตุใด
เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเหล็ก (II) จะส่งผลทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้มีค่าน้อยลง เพราะความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาจากสารละลายมีปริมาณน้อย

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนेटในสารตัวอย่างของแข็ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างก่อนการทำปริมาณวิเคราะห์ในตัวอย่างของแข็ง ด้วยวิธีการแยกแก๊ส (gas-separation)
2. เพื่อฝึกทักษะการวิเคราะห์ปริมาณด้วยเทคนิค Absorption spectroscopy
3. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนेटในตัวอย่างของแข็ง
4. เพื่อศึกษาการใช้กรด-เบสอินดิเคเตอร์ในการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
5. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนेटเมื่อใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

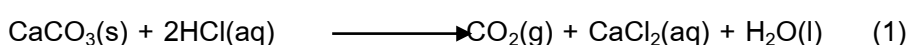
หลักการ

เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรีเป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สนใจ สำหรับในช่วงยูวีและวิสิเบิล ที่สารสามารถดูดกลืนได้ดีได้แก่ สารอินทรีย์ โลหะทรานซิชัน และสารประกอบต่างๆ คุณสมบัติในการดูดกลืนแสงของสารเมื่อโมเลกุลของตัวอย่างถูกฉายด้วยแสงที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนแสงแล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่าเมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ระบุชนิดและปริมาณของสารต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

ข้อจำกัดของเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรีคือ สามารถวิเคราะห์สารได้เฉพาะสารที่มีลักษณะเป็นของเหลวและเป็นสารเนื้อเดียว ซึ่งหากต้องการวิเคราะห์สารที่เป็นของแข็ง จึงจำเป็นต้องทำการเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปของสารละลายก่อนการวิเคราะห์ เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกในการวิเคราะห์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น

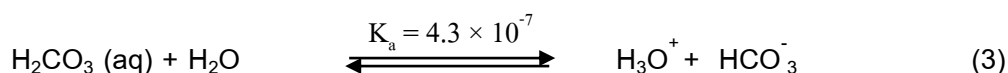
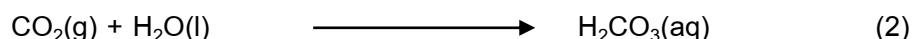
ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างต่างๆ มีวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของปูนขาว (Line Component) วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของดินดำ (Clay) และ วัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติ (Correetive Materials) วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของปูนขาวเป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate. CaCO_3) ซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณ 85 - 95 % ตัวอย่างวัตถุเหล่านี้ตามธรรมชาติ ได้แก่ หินปูน (Limestone) ชอล์ก (Chalk) และดินขาว (Marl)

แคลเซียมคาร์บอเนตเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกจะทำให้เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ

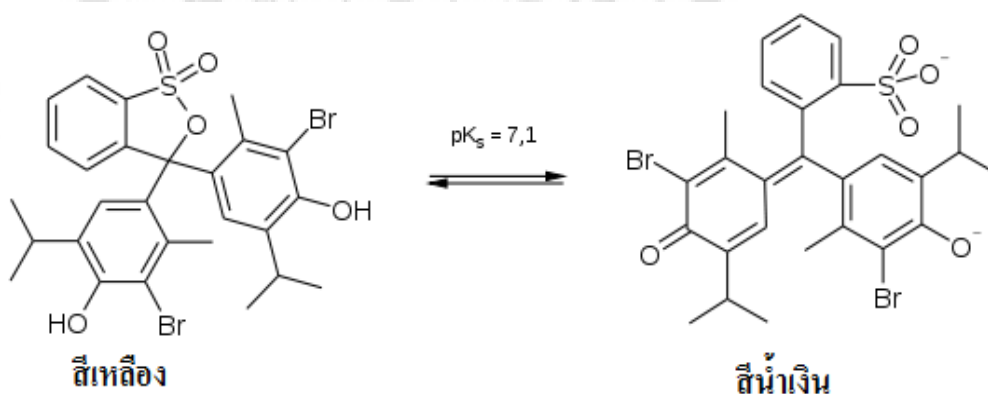


ในการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในสารตัวอย่างของแข็งสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านไปตามท่อ นำแก๊ส ก่อนที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะละลายกลับในสารละลายอินดิเคเตอร์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อผ่านลงไปในน้ำ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เป็นกรดคาร์บอนิกขึ้น ดังสมการ



การประยุกต์เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์นั้นสามารถทำได้โดยติดตามปริมาณกรดคาร์บอนิกที่เพิ่มขึ้นหรือติดตามค่า pH ที่ลดลง ในการติดตามค่า pH ที่เปลี่ยนไป สามารถใช้ กรด-เบสอินดิเคเตอร์ที่มีช่วง pK_a ที่เหมาะสม เช่น Thymol blue, Bromothymol blue และ Methyl orange เป็นต้น เมื่อมี pH เปลี่ยนแปลงไปสีของอินดิเคเตอร์ก็จะเปลี่ยนตาม ซึ่งถ้าเลือกติดตามค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับอินดิเคเตอร์นั้นๆ ก็จะทำให้ติดตามปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ตัวอย่างนั่นเอง



รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงสีของ Bromothymol blue ตามความเป็นกรด-เบส

ในการทดลองครั้งนี้ เป็นการประยุกต์เทคนิค Spectrophotometry มาใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง คือ คาร์บอนไดออกไซด์ในปูนซีเมนต์ โดยการให้ปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อนที่จะละลายลงใน Bromothymol blue ($K_a = 1 \times 10^{-7}$) เพื่อติดตามปริมาณแก๊ส CO_2 ที่เกิดขึ้น โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปของ Bromothymol blue ที่ความยาวคลื่น 468 nm

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้ LED light source = 468 nm
2. เซลล์บรรจุสารตัวอย่าง
3. ปิเปตขนาด 25 ml (1 อัน) และขนาด 10 mL (1 อัน)

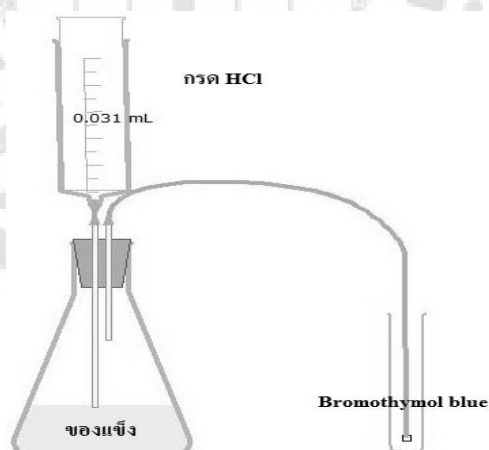
4. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL (1 ใบ) และขนาด 250 mL (1 ใบ)
5. ขวดรูปชมพู่ขนาด 25 mL (6 ใบ)
6. หลอดทดลอง (6 ใบ)
7. เข็มฉีดยาพร้อมอุปกรณ์
8. ปีกเกอร์

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ($d = 1.835 \text{ g/mL}$, 96% w/w)
2. แคลเซียมคาร์บอเนต
3. Bromothymol blue เข้มข้น 0.04%

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 M โดยละลายด้วยน้ำให้มีปริมาตร 250 mL
2. เตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจำนวน 0.05, 0.075, 0.1 และ 0.15 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ พร้อมสารตัวอย่าง
3. ปิเปตสารละลาย Bromothymol blue จำนวน 10 mL ใส่ลงในหลอดทดลองจำนวน 6 หลอด
4. เตรียมอุปกรณ์ทดลองดังรูป



6. ใช้เข็มฉีดยาดูดกรดไฮโดรคลอริกจำนวน 10 mL ผ่านลงไปในแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในขวดรูปชมพู่และสารตัวอย่างที่เตรียมไว้ตามลำดับ โดยที่ปลายสายยางอีกด้านจุ่มลงในสารละลาย Bromothymol blue เปลี่ยนหลอดทดลองที่มีสารละลาย Bromothymol blue ทุกครั้งที่เปลี่ยนขวดรูปชมพู่
7. นำสารละลายมาตรฐานทั้ง 5 หลอดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เป็นแบล็กวูดค่าความต่างศักย์ของแบล็กบันทึกค่าเป็นค่าความต่างศักย์ของสารละลายแบล็ก ($E_{\max}$)

8. นำสารละลาย Bromothymol blue มาตรฐานไปวัดค่าความต่างศักย์ บันทึกเป็นค่าความต่างศักย์ของสารละลายตัวอย่าง (E_{sample}) นำค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์ ($E_{\text{max}} - E_{\text{sample}}$) ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงตามสมการ $A = d\Delta E$ เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Bromothymol blue จะได้กราฟมาตรฐาน

9. นำสารละลายตัวอย่างไปวัดค่าความต่างศักย์ คำนวณค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์ ($E_{\text{max}} - E_{\text{sample}}$) ที่วัดได้ นำไปคำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงตามสมการ $A = d\Delta E$ และเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน



ชื่อ.....รหัส.....กลุ่มที่.....

บันทึกผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง

ตอนที่ 1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

ค่ามาตรฐานของเครื่องมือ.....

ค่าความต่างศักย์ของสารละลาย blank ($E_{\max}$).....V

ปริมาณของคาร์บอน (g)	ค่าความต่างศักย์ ของสารละลายตัวอย่าง (E_{sample}) จากเครื่อง PEDD	$E_{\max} - E_{\text{sample}}$ (ΔE)
0.0500		
0.0750		
0.1000		
0.1500		
0.2000		

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในตัวอย่าง

ค่าความต่างศักย์ของสารละลาย blank ($E_{\max}$).....V

ปริมาณของคาร์บอน (g)	ค่าความต่างศักย์ ของสารละลายตัวอย่าง (E_{sample}) จากเครื่อง PEDD	$E_{\max} - E_{\text{sample}}$ (ΔE)
ตัวอย่างหมายเลข.....		

ชื่อ.....รหัสนิสิต.....กลุ่มที่.....

แบบทดสอบการทดลอง
การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในสารตัวอย่างของแข็ง

1. จงเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรด HCl
2. จงเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีการละลายของแก๊ส CO_2 ในน้ำ
3. Bromothymol blue มีการเปลี่ยนสีในช่วงกรด-เบสอย่างไร
4. หากไม่ใช้ Bromothymol blue ในการทดลอง นิสิตคิดว่าสามารถใช้อินดิเคเตอร์ชนิดใดได้บ้าง
5. นิสิตคิดว่าปริมาณของกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต มีผลต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นหรือไม่

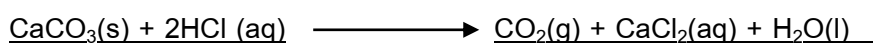
คู่มือ

แบบทดสอบการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในสารตัวอย่างด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และ
เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

1. จงเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรด HCl

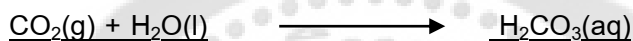
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อให้กรดทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตคือ



2. จงเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีการละลายของแก๊ส CO_2 ในน้ำ

กรดคาร์บอนิกที่เกิดขึ้นเกิดมาจากการทำปฏิกิริยากันของคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำดัง

สมการ



3. Bromothymol blue มีการเปลี่ยนสีในช่วงกรด-เบสอย่างไร

. Bromothymol blue จะมีสีแดงในช่วงที่เป็นกรดแก่ และจะมีค่อนข้างเหลืองเมื่อเป็นกรด

อ่อน

4. หากไม่ใช้ Bromothymol blue ในการทดลอง นิสิตคิดว่าสามารถใช้อินดิเคเตอร์ชนิดใดได้บ้าง

Methyl red, Methyl orange, Thymol blue เป็นต้น

5. นิสิตคิดว่าปริมาณของกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต มีผลต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นหรือไม่

ไม่มีผล เพราะ ปริมาณของกรดที่เติมลงไปเกินพอ จะไม่มีผลต่อปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะแคลเซียมคาร์บอเนตได้เกิดปฏิกิริยากับกรดหมดแล้ว

การทดลองที่ 3

การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

วัตถุประสงค์

1. เพื่อฝึกทักษะการวิเคราะห์ปริมาณสารผสมด้วยเทคนิคแอปซอพติชั่น สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
2. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณสารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ โดยอาศัยหลักการของ Beer's law

หลักการ

เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีเป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการดูดกลืนแสงซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารตาม Beer's law

$$A = \epsilon bc \quad \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ	A	คือ	ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)
	ϵ	คือ	ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี (Molar absorptivity)
	b	คือ	ระยะทางที่แสงผ่าน (light path)
	c	คือ	ความเข้มข้นของสารในหน่วย Molar

เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารหลายชนิดที่ผสมกันอยู่ได้ โดยที่สารแต่ละชนิดจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากัน และมีคุณสมบัติไม่ขึ้นแก่กันและกัน ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะเป็นผลรวมของค่าการดูดกลืนแสงของสารแต่ละชนิดที่มีความยาวคลื่นนั้น

จาก Beer's law

$$A_{\text{total}}^{\lambda_1} = A_1 + A_2 + \dots\dots\dots + A_n$$

$$A_{\text{total}}^{\lambda_1} = \epsilon_1 bc_1 + \epsilon_2 bc_2 + \dots\dots\dots + \dots\dots + \epsilon_n bc_n$$

$$\therefore A_{\text{total}}^{\lambda_1} = \sum_{i=1}^n A_i^{\lambda_1} = b \sum_{i=1}^n \epsilon_i^{\lambda_1} c_i \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{At } \lambda_1, A_{\text{total}}^{\lambda_1} = A_1^{\lambda_1} + A_2^{\lambda_1} = \epsilon_1^{\lambda_1} bc_1 + \epsilon_2^{\lambda_1} bc_2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{At } \lambda_2, A_{\text{total}}^{\lambda_2} = A_1^{\lambda_2} + A_2^{\lambda_2} = \epsilon_1^{\lambda_2} bc_1 + \epsilon_2^{\lambda_2} bc_2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

เมื่อ	$A_{\text{total}}^{\lambda_1}$ และ $A_{\text{total}}^{\lambda_2}$	=	การดูดกลืนแสงของสารละลายผสมโดยวัดที่ λ_1 และ λ_2
	$A_1^{\lambda_1}$ และ $A_1^{\lambda_2}$	=	การดูดกลืนแสงของสารชนิดที่ 1 โดยวัดที่ λ_1 และ λ_2
	$A_2^{\lambda_1}$ และ $A_2^{\lambda_2}$	=	การดูดกลืนแสงของสารชนิดที่ 2 โดยวัดที่ λ_1 และ λ_2

$$\begin{aligned} \varepsilon_1^{\lambda_1} \text{ และ } \varepsilon_1^{\lambda_2} &= \text{โมลาร์แอบซอร์ปติวิตี ของสารชนิดที่ 1 โดยวัดที่ } \lambda_1 \text{ และ } \lambda_2 \\ \varepsilon_2^{\lambda_1} \text{ และ } \varepsilon_2^{\lambda_2} &= \text{โมลาร์แอบซอร์ปติวิตี ของสารชนิดที่ 2 โดยวัดที่ } \lambda_1 \text{ และ } \lambda_2 \\ C_1 \text{ และ } C_2 &= \text{ความเข้มข้นของสารชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2} \end{aligned}$$

ในการทดลองนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณของ KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ ในสารละลายผสมโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานของสารแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีก่อน แล้วจึงนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณสารแต่ละชนิดในสารละลายผสม

การทดลองวิเคราะห์สารละลายผสมระหว่าง KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ จะทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องวัดการดูดกลืนแสง โดยการนำเครื่องวัดการดูดกลืนแสงมาใช้ในการวิเคราะห์นั้น ผู้ทำการทดลองต้องทำการเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ดังตาราง

ชนิดของสารผสม	Absorbance (λ , nm)	LED light source	Peak Wavelength (nm)
KMnO_4	500-550	Blue-Green	525
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$	420-480	Blue	468

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
2. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
3. เซลล์บรรจุสารตัวอย่าง จำนวน 1 คู่
4. ปิเปตขนาด 1 mL (1 อัน) และขนาด 5 mL (2 อัน)
5. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 mL (10 ใบ) และขนาด 50 mL (5 ใบ)

สารเคมี

1. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium permanganate, KMnO_4)
2. โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
3. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ($d = 1.835 \text{ g/mL}$, 96% w/w)

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมสารมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 500 mL (1 กลุ่มเตรียมสำหรับ 2 กลุ่ม)

1.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน KMnO_4

1.1.1 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเข้มข้น 0.0500 M ในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 mL

1.1.2 นำสารละลายในข้อ 1.1.1 มาเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนทเข้มข้น 1.00×10^{-3} M ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 mL

1.1.3 นำสารละลายข้อ 1.1.2 มาเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนทเข้มข้น 4.00×10^{-5} , 8.00×10^{-5} , 1.20×10^{-4} และ 2.00×10^{-4} M ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL

1.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$

1.2.1 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมทเข้มข้น 1.00×10^{-2} M ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 mL

1.2.2 นำสารละลายข้อ 1.2.1 มาเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมทเข้มข้น 4.00×10^{-4} , 8.00×10^{-4} , 1.20×10^{-3} และ 2.00×10^{-3} M โดยละลายด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 mL

1.3 การเตรียมกราฟมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์หาค่า โมลาร์แอบซอร์ปติวิตี

1.3.1 นำสารละลายมาตรฐาน $KMnO_4$ ความเข้มข้น 1.20×10^{-4} M และสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ ความเข้มข้น 1.20×10^{-3} M วัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M เป็น blank ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.3.2 จากนั้นเลือกความยาวคลื่นที่เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงสามารถวิเคราะห์ได้ สำหรับสารละลายแต่ละชนิด (เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงใช้แหล่งกำเนิดแสง 468 nm และ 525 nm) โดยพิจารณาว่า ความยาวคลื่นที่เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงปล่อยมานั้น เป็นช่วงที่สารละลายใดดูดกลืน

1.3.3 นำสารละลายในข้อ 1.1.3 และ 1.2.2 มาวัดค่าความต่างศักย์ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 468 nm (λ_1) และ 525 nm (λ_2) โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M เป็น blank จากนั้นสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารเพื่อหาค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีของสารทั้งสองที่ λ_1 และ λ_2

ตอนที่ 2 การเตรียมสารละลายผสม $KMnO_4$ และ $K_2Cr_2O_7$

2.1 เตรียมสารละลายผสมโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนทและโพแทสเซียมไดโครเมทตามตารางข้างท้ายนี้ ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL

ขวดที่	1.00×10^{-3} M $KMnO_4$ (mL)	1.00×10^{-2} M $K_2Cr_2O_7$ (mL)
1	2	10
2	6	6
3	10	2
สารตัวอย่าง	...	...

2.2 วัดค่าความต่างศักย์ของสารผสมในข้อ 2.1 ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ λ_1 และ λ_2 โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 M เป็น blank จากนั้นคำนวณกลับเป็นค่าการดูดกลืนแสงของสารทั้ง 2 ชนิดที่ λ_1 และ λ_2 คำนวณหาปริมาณสารแต่ละชนิดในสารละลายผสมเป็นค่าที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้จากการเตรียมสารในตอนที่ 1



ชื่อ.....รหัส.....รหัสนิสิต.....กลุ่มที่.....

บันทึกผลการทดลอง

การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

ผลการทดลอง

ค่าคงที่ของเครื่องมือ.....

ตอนที่ 1 สารละลายมาตรฐาน

$\lambda_1 = \dots\dots\dots$ และ $\lambda_2 = \dots\dots\dots$

[KMnO_4], M	λ_1 , $E_{\max}(\text{blank}) = \dots\dots\dots\text{V}$			λ_2 , $E_{\max}(\text{blank}) = \dots\dots\dots\text{V}$		
	$E_{\text{sample}} (\text{V})$	$\Delta E (\text{V})$	Absorbance	$E_{\text{sample}} (\text{V})$	$\Delta E (\text{V})$	Absorbance
4.00×10^{-5}						
8.00×10^{-5}						
1.20×10^{-4}						
2.00×10^{-4}						

[$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$], M	λ_1 , $E_{\max}(\text{blank}) = \dots\dots\dots\text{V}$			λ_2 , $E_{\max}(\text{blank}) = \dots\dots\dots\text{V}$		
	$E_{\text{sample}} (\text{V})$	$\Delta E (\text{V})$	Absorbance	$E_{\text{sample}} (\text{V})$	$\Delta E (\text{V})$	Absorbance
4.00×10^{-4}						
8.00×10^{-4}						
1.20×10^{-3}						
2.00×10^{-3}						

ตอนที่ 2 สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

ชนิดที่	λ_1 , $E_{\max}(\text{blank}) = \dots\dots\dots\text{V}$			λ_2 , $E_{\max}(\text{blank}) = \dots\dots\dots\text{V}$		
	$E_{\text{sample}} (\text{V})$	$\Delta E (\text{V})$	Absorbance	$E_{\text{sample}} (\text{V})$	$\Delta E (\text{V})$	Absorbance
1						
2						
3						
สารตัวอย่าง						

ชื่อ.....รหัสนิสิต.....กลุ่มที่.....

แบบทดสอบการทดลอง
การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

1. การประยุกต์เทคนิคสเปกโทโฟเมตรีใช้กับการวิเคราะห์สารละลายผสม มีข้อจำกัดในเรื่องใดบ้าง
2. สารละลายผสม A และ B จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ ณ ความยาวคลื่น หนึ่งๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อเทียบกับสารละลาย A หรือ B ชนิดเดียว (ถ้าสาร A และสาร B ดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกัน) เพราะเหตุใด
3. ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี สำหรับสาร A ที่ความยาวคลื่นต่างกันจะมีค่าเท่ากันหรือไม่
4. เพราะเหตุใด จึงต้องใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเป็นสารละลาย blank
5. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสม A+B ในอัตราส่วนผสมที่ต่างๆ กัน (เช่น 1:1, 1:2, 2:1) จะมีโอกาสที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมนั้น มีค่าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

คู่มือครู
แบบทดสอบการทดลอง
การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

1. การประยุกต์เทคนิคสเปกโทโฟเมตรีใช้กับการวิเคราะห์สารละลายผสม มีข้อจำกัดในเรื่องใดบ้าง
สารที่ผสมกันแต่ละชนิดจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาต่อกัน และมีคุณสมบัติไม่ขึ้นแก่กันและกัน

2. สารละลายผสม A และ B จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ ณ ความยาวคลื่น หนึ่งๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อเทียบกับสารละลาย A หรือ B ชนิดเดียว (ถ้าสาร A และสาร B ดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกัน) เพราะเหตุใด
การดูดกลืนแสงของสารละลายผสมจะทำให้ค่าการดูดกลืนที่วัดได้ที่มีความยาวคลื่นนั้นๆ เพิ่มขึ้น เพราะค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะเป็นผลรวมของค่าการดูดกลืนแสงของสารแต่ละชนิดที่มีความยาวคลื่นนั้น

3. ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี สำหรับสาร A ที่ความยาวคลื่นต่างกันจะมีค่าเท่ากันหรือไม่
ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี สำหรับที่ความยาวคลื่นต่างๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีความยาวคลื่นนั้นๆ โดยจะแปรผันตามโครงสร้าง และ energy level diagram ของสารแต่ละชนิด

4. เพราะเหตุใด จึงต้องใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเป็นสารละลาย blank
เพื่อเป็นการลดค่าการดูดกลืนแสงรบกวนจากสารละลายกรดซัลฟิวริกซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย

5. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสม A+B ในอัตราส่วนผสมที่ต่างๆ กัน (เช่น 1:1, 1:2, 2:1) จะมีโอกาสที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของสารผสมนั้น มีค่าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด
มีโอกาสเท่ากัน เมื่อสารละลายทั้ง 2 ชนิดมีอัตราส่วนที่เท่ากัน

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและผลการหาประสิทธิภาพของ
บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1.วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับชื่อเรื่องบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
2.บทปฏิบัติการมีความเหมาะสมกับระดับนิสิตของนิสิต	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
3.ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับหลักการ/ทฤษฎี	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
4.ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์และอุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมี	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
5.ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับวิธีการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
6.อุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมีครอบคลุมกับการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
7.อุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมีเหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
8.วิธีการทดลองมีการเรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
9. ความชัดเจนของการบันทึกผลการทดลอง						
9.1 ส่วนบันทึกผลมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1.00	
9.2 ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ไม่วกวน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10.ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง						ผ่าน
10.1 บันทึกผลได้ตรงกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00	
10.2 ครอบคลุมวัตถุประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
11. ความเหมาะสมกับบทปฏิบัติการ						
ทดลอง						
11.1 มีความเหมาะสมกับเนื้อหาการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11.2 ครอบคลุมการทดลองทั้งหมด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11.3 เรียบเรียงได้สอดคล้องกับการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมตรี

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
ความชัดเจนของข้อคำถาม						
ข้อที่ 1	+1	0	0	1	0.33	ปรับปรุง
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 5	0	+1	0	1	0.33	ปรับปรุง
ความเหมาะสมกับบทปฏิบัติการ						
ข้อที่ 1	+1	0	0	1	0.33	ปรับปรุง
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 5	0	+1	0	1	0.33	ปรับปรุง

ตาราง 18 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบ ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์ ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	x̄	ระดับความ เหมาะสม
	1	2	3			
บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์						
1. วัตถุประสงค์การทดลอง						
- มีความชัดเจน	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- เหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
2. หลักการ/ทฤษฎี						
- สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีเหมาะสมกับระดับของ นิสิต	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความถูกต้อง ครบถ้วน	4	4	4	12	4.00	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความต่อเนื่อง	4	4	4	12	4.00	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความเหมาะสมกับเวลา ที่ใช้ในการทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความยาวที่เหมาะสม	4	4	4	12	4.00	ดีมาก
- รูปภาพประกอบหลักการ/ทฤษฎีมีความ ชัดเจน สื่อความหมายได้	4	4	4	12	4.00	ดีมาก
- การใช้ภาษา						
- มีความเหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ไม่วกวน เข้าใจง่าย	4	4	3	11	3.67	ดีมาก
- อ่านง่าย	4	4	4	12	4.00	ดีมาก
3. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี						
- เหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- สามารถทำการทดลองได้ตรงวัตถุประสงค์ การทดลอง	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- เครื่องที่นำมาใช้ในการทดลองมีความ เหมาะสม	5	4	4	13	4.33	ดีมาก

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	$\bar{x}$	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
4. วิธีการทดลอง						
- เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- มีความยากง่ายเหมาะกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน	4	4	3	11	3.67	ดี
- ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ส่งเสริมให้นิสิตคิดเป็น	5	3	3	11	3.67	ดี
- นิสิตแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ส่งเสริมให้นิสิตมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ส่งเสริมเจตคติของนิสิตต่อกิจกรรมการทดลอง	4	4	4	12	4.00	ดีมาก
เอกสารบันทึกผลการทดลอง						
- เอกสารบันทึกผลการทดลองเหมาะสมกับการทดลอง	5	3	4	12	4.00	ดีมาก
- เรียงลำดับผลการทดลองได้เหมาะสม	5	3	4	12	4.00	ดีมาก
- สามารถเข้าใจได้ง่าย	5	3	4	12	4.00	ดีมาก
- ครบถ้วนตามวิธีการทดลอง	5	3	3	11	3.67	ดี
คำถามการทดลอง						
- ข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง	4	3	3	10	3.33	ปานกลาง
- ข้อคำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	3	3	11	3.67	ดีมาก
- จำนวนของข้อคำถามมีความเหมาะสม	5	3	3	11	3.67	ดีมาก
- ความสั้นยาวของข้อคำถามมีความเหมาะสม	5	3	4	12	4.00	ดีมาก
- ส่งเสริมความคิดของนิสิต	5	3	4	12	4.00	ดีมาก
- ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้	4	3	3	10	3.33	ปานกลาง

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1.วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับชื่อเรื่องบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
2.บทปฏิบัติการมีความเหมาะสมกับระดับนิสิตของนิสิต	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
3.ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับหลักการ/ทฤษฎี	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
4.ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์และอุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมี	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
5.ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับวิธีการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
6.อุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมีครอบคลุมกับการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
7.อุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมีเหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
8.วิธีการทดลองมีการเรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
9. ความชัดเจนของการบันทึกผลการทดลอง						
9.1 ส่วนบันทึกผลมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
9.2 ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ไม่กำกวม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10.ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง						
10.1 บันทึกผลได้ตรงกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10.2 ครอบคลุมวัตถุประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
11. ความเหมาะสมกับบทปฏิบัติการ						
ทดลอง						
11.1 มีความเหมาะสมกับเนื้อหาการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11.2 ครอบคลุมการทดลองทั้งหมด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11.3 เรียบเรียงได้สอดคล้องกับการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบบทยปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
ความชัดเจนของข้อคำถาม						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 5	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ความเหมาะสมกับบทยปฏิบัติการ						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 21 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบ ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	x̄	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์						
1. วัตถุประสงค์การทดลอง						
- มีความชัดเจน	5	5	4	14	4.67	ดีมาก
- เหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
2. หลักการ/ทฤษฎี						
- สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	5	5	4	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีเหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	3	12	4.00	ดี
- หลักการ/ทฤษฎีมีความถูกต้อง ครบถ้วน	4	4	5	13	4.33	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความต่อเนื่อง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการทดลอง	5	4	3	12	4.00	ดี
- หลักการ/ทฤษฎีมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความยาวที่เหมาะสม	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- รูปภาพประกอบหลักการ/ทฤษฎีมีความชัดเจน สื่อความหมายได้	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- การใช้ภาษา						
- มีความเหมาะสมกับระดับของนิสิต	4	4	3	11	3.67	ดี
- ไม่วกวน เข้าใจง่าย	3	4	3	10	3.33	ปานกลาง
- อ่านง่าย	3	4	4	11	3.67	ดี
3. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี						
- เหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- สามารถทำการทดลองได้ตรงวัตถุประสงค์การทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- เครื่องที่นำมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33	ดีมาก

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	$\bar{x}$	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
4. วิธีการทดลอง						
- เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- มีความยากง่ายเหมาะกับระดับของนิสิต	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน	4	4	5	13	4.33	ดีมาก
- ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	4	4	3	11	3.67	ดี
- ส่งเสริมให้นิสิตคิดเป็น	4	4	4	12	4.00	ดี
- นิสิตแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- ส่งเสริมให้นิสิตมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4	4	3	11	3.67	ดี
- ส่งเสริมเจตคติของนิสิตต่อกิจกรรมการทดลอง	4	4	3	11	3.67	ดี
เอกสารบันทึกผลการทดลอง						
- เอกสารบันทึกผลการทดลองเหมาะสมกับการทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- เรียงลำดับผลการทดลองได้เหมาะสม	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- สามารถเข้าใจได้ง่าย	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ครบถ้วนตามวิธีการทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
คำถามการทดลอง						
- ข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง	4	4	3	11	3.67	ดี
- ข้อคำถามสอดคล้องกับการทดลอง	4	4	5	13	4.33	ดีมาก
- จำนวนของข้อคำถามมีความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ความสั้นยาวของข้อคำถามมีความเหมาะสม	4	4	3	11	3.67	ดี
- ส่งเสริมความคิดของนิสิต	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้	4	4	5	13	4.33	ดีมาก

ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์
สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1. วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับชื่อเรื่อง บทปฏิบัติการ	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
2. บทปฏิบัติการมีความเหมาะสมกับระดับนิสิต ของนิสิต	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
3. ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับ หลักการ/ทฤษฎี	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
4. ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์และ อุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมี	0	+1	0	1	0.33	ปรับปรุง
5. ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับ วิธีการทดลอง	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
6. อุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมีครอบคลุมกับ การทดลอง	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
7. อุปกรณ์/เครื่องมือและสารเคมีเหมาะสมกับ เรื่องที่ทำทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
8. วิธีการทดลองมีการเรียงลำดับกิจกรรม เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
9. ความชัดเจนของการบันทึกผลการทดลอง						
9.1 ส่วนบันทึกผลมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
9.2 ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ไม่กำกวม						
10. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการ ทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10.1 บันทึกผลได้ตรงกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10.2 ครอบคลุมวัตถุประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
11. ความเหมาะสมกับบทปฏิบัติการ						
ทดลอง						
11.1 มีความเหมาะสมกับเนื้อหาการทดลอง	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
11.2 ครอบคลุมการทดลองทั้งหมด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11.3 เรียบเรียงได้สอดคล้องกับการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน



ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
ความชัดเจนของข้อคำถาม						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ความเหมาะสมกับบทปฏิบัติการ						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 24 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	x̄	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์						
1. วัตถุประสงค์การทดลอง						
- มีความชัดเจน	3	4	3	10	3.33	ปานกลาง
- เหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
2. หลักการ/ทฤษฎี						
- สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	4	4	4	12	4.00	ดี
- หลักการ/ทฤษฎีเหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความถูกต้อง ครบถ้วน	4	4	5	13	4.33	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความต่อเนื่อง	4	4	4	12	4.00	ดี
- หลักการ/ทฤษฎีมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- หลักการ/ทฤษฎีมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง	4	4	3	11	3.67	ดี
- หลักการ/ทฤษฎีมีความยาวที่เหมาะสม	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- รูปภาพประกอบหลักการ/ทฤษฎีมีความชัดเจน สื่อความหมายได้	4	4	4	12	4.00	ดี
- การใช้ภาษา						
- มีความเหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- ไม่วกวน เข้าใจง่าย	4	4	4	12	4.00	ดี
- อ่านง่าย	4	4	4	12	4.00	ดี
3. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี						
- เหมาะสมกับระดับของนิสิต	5	4	4	13	4.33	ดีมาก
- เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- สามารถทำการทดลองได้ตรงวัตถุประสงค์การทดลอง	4	4	4	12	4.00	ดี
- เครื่องที่นำมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสม	5	4	5	14	4.67	ดีมาก

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	$\bar{x}$	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
4. วิธีการทดลอง						
- เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- มีความยากง่ายเหมาะกับระดับของนิสิต	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน	3	4	3	10	3.33	ปานกลาง
- ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	4	4	5	13	4.33	ดีมาก
- ส่งเสริมให้นิสิตคิดเป็น	4	4	5	13	4.33	ดีมาก
- นิสิตแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	3	11	3.67	ดี
- ส่งเสริมให้นิสิตมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4	4	3	11	3.67	ดี
- ส่งเสริมเจตคติของนิสิตต่อกิจกรรมการทดลอง	4	4	5	11	3.67	ดี
เอกสารบันทึกผลการทดลอง						
- เอกสารบันทึกผลการทดลองเหมาะสมกับการทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- เรียงลำดับผลการทดลองได้เหมาะสม	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
- สามารถเข้าใจได้ง่าย	4	4	3	11	3.67	ดี
- ครบถ้วนตามวิธีการทดลอง	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
คำถามการทดลอง						
- ข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง	4	3	4	11	3.67	ดี
- ข้อคำถามสอดคล้องกับการทดลอง	4	3	4	11	3.67	ดี
- จำนวนของข้อคำถามมีความเหมาะสม	5	3	4	12	4.00	ดี
- ความสั้นยาวของข้อคำถามมีความเหมาะสม	4	3	4	11	3.67	ดี
- ส่งเสริมความคิดของนิสิต	5	3	4	12	4.00	ดี
- ส่งเสริมทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้	5	3	4	12	4.00	ดี

ตาราง 25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	0	0	+1	1	0.33	ปรับปรุง
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 6	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 7	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 8	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน3
ข้อที่ 9	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 10	+1	0	0	1	0.33	ปรับปรุง
ข้อที่ 11	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 12	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 13	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 14	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 15	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 16	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 17	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 18	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 19	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 20	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 21	+1	0	0	1	0.33	ปรับปรุง
ข้อที่ 22	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 23	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 24	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 25	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 26	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 27	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 28	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 29	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
ข้อที่ 30	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 31	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 32	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 33	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 34	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 35	0	0	+1	1	0.33	ปรับปรุง
ข้อที่ 36	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 37	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 38	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 39	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 40	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน

ตาราง 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร						
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 6	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 7	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 8	0	+1	0	1	0.33	ปรับปรุง
ข้อที่ 9	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ทักษะการทดลอง						
ข้อที่ 10	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 11	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 12	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 13	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 14	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 15	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 16	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 17	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 18	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป						
ข้อที่ 19	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 20	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 21	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 22	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ข้อที่ 23	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 24	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 27 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป						
ข้อที่ 25	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 26	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ข้อที่ 27	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน



ตาราง 27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมี
วิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย

เจตคติที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การ พิจารณา
	1	2	3			
1. การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าครูสาธิต	-1	-1	-1	-3	-1.00	ตัดทิ้ง
2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่นำมาใช้เหมาะสมกับการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละการทดลองใช้เวลาที่พอเหมาะ	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
4. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงใช้งานง่าย	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
5. การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการทำให้เสียเวลา	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
6. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงทำให้บทปฏิบัติการน่าสนใจ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
7. ขณะเรียนบทปฏิบัติการเกิดความตื่นเต้น	0	-1	0	-1	-0.33	ตัดทิ้ง
8. การเรียนโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงทำให้เกิดความสนใจต่อเครื่องมือมากขึ้น	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
9. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงมีการใช้งานที่ยากทำให้บทปฏิบัติไม่น่าสนใจ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10. เป็นการฝึกทักษะปฏิบัติ ทำให้เกิดความรู้คล่องตัวในการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11. ทำให้มีความละเอียดรอบคอบต่อการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ขณะทำการทดลอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
12. เครื่องมือที่นำมาใช้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
13. สนุกสนานต่อการเรียนบทปฏิบัติการเคมี	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
14. กิจกรรมการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีน่าเบื่อหน่าย	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
15. ช่วยสร้างนิสัยรักการค้นคว้า ทดลอง เพื่อแสวงหาข้อเท็จจริงต่างๆ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
16. บทปฏิบัติการทดลองทำให้เข้าใจหลักการการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค spectrophotometry มากขึ้น	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ตาราง 27 (ต่อ)

เจตคติที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
17.บทปฏิบัติการมีความน่าสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนได้	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
18.บทปฏิบัติช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างเป็นระบบ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
19.ปฏิบัติการช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
20.การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการทำให้เกิดประสบการณ์โดยตรงต่อนิสิต	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
21.การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
22.บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่ส่งเสริมให้นิสิตได้ใช้ความสามารถของตนเอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
23.มั่นใจว่าจะนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับตนเอง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
24.การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยให้มีความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค spectrophotometry สูงขึ้น	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
25.ความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการไม่สามารถนำไปใช้ในวิชาบรรยายได้เลย	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
26.สามารถความนำความที่ได้จากบทปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
27.รู้สึกมั่นใจและกล้าถ่ายทอดความรู้จากการเรียนบทปฏิบัติการแก่ผู้อื่น	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
28.อยากนำความรู้ที่ได้รับจากบทปฏิบัติไปถ่ายทอดให้ผู้อื่น	0	0	0	0	0.00	ตัดทิ้ง
29.รู้สึกเบื่อหน่ายเมื่อเพื่อนหรือมีผู้มาสอบถามเกี่ยวกับบทปฏิบัติการ	0	-1	-1	-2	-0.67	ตัดทิ้ง
30.บทปฏิบัติการและเครื่องวัดค่าการดูดกลืนมีความเหมาะสมกัน	0	0	0	0	0.00	ตัดทิ้ง

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบบทปฏิบัติการเคมี

ข้อที่	P_H	P_L	$P_H + P_L$	$P_H - P_L$	p	r	การพิจารณา
บทปฏิบัติการที่ 1-1							
ข้อที่ 1	13	10	23	3	0.77	0.20	ใช้ได้
ข้อที่ 2	15	9	24	6	0.80	0.40	ปรับปรุง
ข้อที่ 3	15	9	24	6	0.80	0.40	ปรับปรุง
ข้อที่ 4	14	10	24	4	0.80	0.27	ปรับปรุง
ข้อที่ 5	13	10	23	3	0.77	0.20	ใช้ได้
บทปฏิบัติการที่ 1-2							
ข้อที่ 1	12	9	21	3	0.70	0.20	ใช้ได้
ข้อที่ 2	13	9	21	4	0.73	0.27	ใช้ได้
ข้อที่ 3	15	11	26	4	0.87	0.27	ปรับปรุง
ข้อที่ 4	14	11	25	3	0.83	0.20	ปรับปรุง
ข้อที่ 5	15	9	24	6	0.80	0.40	ใช้ได้
บทปฏิบัติการที่ 2							
ข้อที่ 1	14	10	24	4	0.8	0.27	ใช้ได้
ข้อที่ 2	15	11	26	4	0.87	0.27	ปรับปรุง
ข้อที่ 3	15	12	27	3	0.9	0.20	ปรับปรุง
ข้อที่ 4	14	9	24	5	0.77	0.33	ใช้ได้
ข้อที่ 5	15	9	24	6	0.8	0.40	ใช้ได้

ตาราง 29 คะแนนทดสอบบทปฏิบัติการของนิสิตกลุ่มทดลอง

คนที่	คะแนนทดสอบบทปฏิบัติการ (5 คะแนน)			
	บทปฏิบัติการที่ 1-1	บทปฏิบัติการที่ 1-2	บทปฏิบัติการที่ 2	รวม
1	5	4	5	14
2	4	4	5	13
3	5	3	3	11
4	5	4	4	13
5	3	4	3	10
6	5	4	4	14
7	3	4	3	10
8	4	5	4	14
9	4	5	5	14
10	5	4	4	13
11	4	4	4	13
12	3	4	5	12
13	3	4	5	12
14	4	4	5	13
15	5	4	5	14
16	5	3	5	13
17	5	3	4	12
18	4	3	5	12
19	2	4	4	10
20	2	5	5	12
21	5	4	4	13
22	3	4	3	10
23	5	5	4	14
24	5	4	4	13
25	3	5	4	11
26	4	4	3	11
27	4	4	4	13
28	3	4	4	13
29	3	3	3	9

ตาราง 29 (ต่อ)

คนที่	แบบทดสอบบทปฏิบัติการ			
	บทปฏิบัติการที่ 1 (5 คะแนน)	บทปฏิบัติการที่ 2 (5 คะแนน)	บทปฏิบัติการที่ 3 (5 คะแนน)	รวม (15 คะแนน)
30	3	3	3	119
รวม	118	121	124	363
เฉลี่ย	3.93	4.03	4.13	12.10
S.D.	0.98	0.61	0.89	3.00
ร้อยละ	78.67	80.67	82.67	81.11



ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	P_H	P_L	$P_H + P_L$	$P_H - P_L$	p	r	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	13	10	23	3	0.77	0.20	ใช้ได้	/
2	2	1	3	1	0.10	0.07	ตัดทิ้ง	-
3	9	3	12	6	0.40	0.40	ใช้ได้	/
4	2	3	5	-1	0.17	-	ตัดทิ้ง	-
5	12	6	18	6	0.60	0.07	ใช้ได้	/
6	9	10	19	-1	0.63	0.40	ตัดทิ้ง	-
7	9	5	14	4	0.47	-	ใช้ได้	/
8	13	15	28	-2	0.93	0.07	ตัดทิ้ง	-
9	4	1	5	3	0.17	0.27	ตัดทิ้ง	-
10	15	9	24	6	0.80	-	ใช้ได้	-
11	3	3	6	0	0.20	0.13	ตัดทิ้ง	-
12	8	5	13	3	0.43	0.20	ใช้ได้	/
13	11	2	13	9	0.43	0.40	ใช้ได้	/
14	5	2	7	3	0.23	0.00	ใช้ได้	-
15	9	4	13	5	0.43	0.20	ใช้ได้	/
16	9	12	21	-3	0.70	0.60	ตัดทิ้ง	-
17	3	0	3	3	0.10	0.20	ตัดทิ้ง	-
18	11	7	18	4	0.60	0.33	ใช้ได้	/
19	3	2	5	1	0.17	-	ตัดทิ้ง	-
20	11	2	13	9	0.43	0.20	ใช้ได้	/
21	15	9	24	6	0.08	0.20	ตัดทิ้ง	-
22	8	9	17	-1	0.57	0.27	ตัดทิ้ง	-
23	1	1	2	0	0.07	0.07	ตัดทิ้ง	-
24	9	0	9	9	0.30	0.60	ใช้ได้	/
25	8	1	9	7	0.30	0.40	ใช้ได้	/
26	11	8	19	3	0.63	-	ใช้ได้	-
27	5	1	6	4	0.20	0.07	ใช้ได้	/
28	1	3	4	-2	0.13	0.00	ตัดทิ้ง	-
29	12	5	17	7	0.57	0.60	ใช้ได้	/
30	2	8	10	-6	0.33	0.47	ตัดทิ้ง	-

ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อที่	P_H	P_L	$P_H + P_L$	$P_H - P_L$	p	r	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
31	12	9	21	3	0.70	0.20	ใช้ได้	/
32	11	8	19	3	0.63	0.20	ใช้ได้	/
33	12	7	19	5	0.63	0.33	ใช้ได้	/
34	15	2	17	13	0.57	0.87	ใช้ได้	/
35	11	7	18	4	0.60	0.27	ใช้ได้	-
36	11	6	17	5	0.57	0.33	ใช้ได้	/
37	5	9	14	-4	0.47	-0.27	ตัดทิ้ง	-
38	6	1	7	5	0.23	0.33	ใช้ได้	/
39	2	1	3	1	0.10	0.07	ตัดทิ้ง	-
40	9	3	12	6	0.40	0.40	ใช้ได้	/

ตาราง 31 การหาประสิทธิภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บทปฏิบัติการเคมี
วิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย ของนิสิตกลุ่มทดลอง

คนที่	คะแนน (20 คะแนน)	คนที่	คะแนน (20 คะแนน)
1	15	16	19
2	17	17	17
3	18	18	20
4	16	19	14
5	16	20	12
6	12	21	14
7	19	22	16
8	15	23	16
9	17	24	20
10	20	25	19
11	14	26	15
12	16	27	12
13	15	28	17
14	15	29	18
15	29	30	15
รวม		489	
เฉลี่ย		16.30	
S.D.		2.39	
ร้อยละ		81.16	



ตาราง 32 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	P_H	P_L	$P_H + P_L$	$P_H - P_L$	p	r	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	15	8	23	7	0.77	0.47	ใช้ได้	/
2	15	15	30	0	1.00	0.00	ตัดทิ้ง	-
3	15	15	30	0	1.00	0.00	ตัดทิ้ง	-
4	15	15	30	0	1.00	0.00	ตัดทิ้ง	-
5	12	7	19	5	0.63	0.33	ใช้ได้	/
6	6	1	7	5	0.23	0.33	ใช้ได้	-
7	10	5	15	5	0.50	0.33	ใช้ได้	/
8	1	1	2	0	0.07	0.00	ตัดทิ้ง	-

9	10	5	15	5	0.50	0.33	ใช้ได้	/
10	14	6	20	8	0.67	0.53	ใช้ได้	/
11	11	13	24	-2	0.80	-0.13	ตัดทิ้ง	-
12	5	7	12	-2	0.40	-0.13	ตัดทิ้ง	-
13	8	6	14	-2	0.47	0.13	ตัดทิ้ง	-
14	10	9	19	1	0.63	0.07	ตัดทิ้ง	-
15	10	6	16	4	0.53	0.27	ใช้ได้	/
16	12	2	14	10	0.50	0.60	ใช้ได้	/
17	8	2	10	6	0.37	0.33	ใช้ได้	/
18	4	6	10	-2	0.33	-0.13	ตัดทิ้ง	-
19	15	13	28	2	0.93	0.13	ตัดทิ้ง	-
20	11	10	22	1	0.70	0.07	ตัดทิ้ง	-
21	15	12	27	3	0.90	0.20	ตัดทิ้ง	-
22	15	15	30	0	1.00	0.00	ตัดทิ้ง	-
23	5	2	7	3	0.23	0.20	ใช้ได้	/
24	13	13	26	0	0.87	0.00	ตัดทิ้ง	-
25	0	0	0	0	0.00	0.00	ตัดทิ้ง	-
26	11	10	21	1	0.70	0.07	ตัดทิ้ง	-
27	7	2	9	5	0.33	0.27	ใช้ได้	/



ภาคผนวก

ตารางแสดงข้อมูลผลคะแนนของนักเรียน

ตาราง 33 คะแนนทดสอบบทปฏิบัติการ และคะแนนรายงานบทปฏิบัติการของนิสิต

คนที่	รายงาน (10 คะแนน)				คะแนนทดสอบบทปฏิบัติการ (5 คะแนน)			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
1	9	7	9	25	5	4	4	13
2	8	8	8	24	4	5	4	13
3	9	10	9	28	5	5	4	14
4	9	10	10	29	5	5	4	14
5	8	8	7	23	4	4	4	12
6	8	9	10	27	3	5	3	11
7	8	9	9	26	4	5	3	11
8	8	10	10	28	4	4	4	12
9	8	8	8	24	5	4	4	13
10	8	9	9	26	5	5	4	14
11	9	8	9	26	3	3	3	9
12	8	8	8	24	5	5	3	13
13	7	8	9	24	3	4	4	11
14	7	8	9	24	4	5	4	13
15	9	9	10	28	5	5	2	12
16	9	8	9	26	5	4	3	12
17	9	8	7	24	5	5	4	14
18	8	8	9	25	4	5	4	13
19	9	9	9	27	4	5	4	13
20	9	8	8	25	2	5	4	11
21	8	7	8	23	5	5	3	13
22	8	7	8	23	4	4	4	12
23	8	8	8	24	4	5	4	13
24	7	7	7	21	5	5	4	14
25	7	7	7	21	4	5	4	13
26	8	8	9	25	4	5	4	13
27	8	8	9	25	5	5	4	14
28	8	8	9	25	4	4	4	12
29	7	8	7	22	5	3	4	12

ตาราง 33 (ต่อ)

คนที่	รายงาน (10 คะแนน)				แบบทดสอบบทปฏิบัติการ (5 คะแนน)			
	1	2	3	รวม (30 คะแนน)	1	2	3	รวม (15 คะแนน)
30	8	8	9	25	4	5	4	13
31	9	8	8	25	4	4	4	12
32	9	9	9	27	5	4	4	13
33	10	9	9	28	5	5	4	14
34	8	7	7	22	5	4	3	12
35	8	9	9	26	5	5	4	14
36	8	8	8	24	4	5	4	13
37	8	9	9	26	4	5	4	13
38	8	8	8	24	3	5	4	12
39	9	7	7	22	3	5	4	12
40	9	7	7	22	5	5	4	14
41	8	9	9	26	4	4	3	11
42	9	8	9	26	4	4	3	11
รวม	374	344	356	1045	179	193	157	528
เฉลี่ย	8.26	8.19	8.48	24.88	4.26	4.60	3.74	12.57
S.D.	0.71	0.83	0.92	1.98	0.77	0.59	0.50	1.13
ร้อยละ	82.62	81.91	84.76	82.94	85.24	91.91	74.76	83.81

ตาราง 34 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บทปฏิบัติการเคมี
วิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี
กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (20 คะแนน)	D	D ²
1	9	14	5	25
2	11	12	1	1
3	13	15	2	4
4	12	13	1	1
5	13	17	4	16
6	11	15	4	16
7	13	14	1	1
8	12	15	3	9
9	9	15	6	36
10	10	12	2	4
11	5	15	10	100
12	11	13	2	4
13	12	15	3	9
14	11	16	5	25
15	8	15	7	49
16	15	18	3	9
17	10	13	3	9
18	13	14	1	1
19	8	17	9	81
20	11	13	2	4
21	8	9	1	1
22	13	16	3	9
23	13	19	6	36
24	11	16	5	25
25	13	14	1	1
26	8	17	9	81
27	6	14	8	64
28	15	16	1	1

ตาราง 34 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (20 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (20 คะแนน)	D	D ²
29	9	15	6	36
30	12	16	4	16
31	12	16	4	16
32	11	16	5	25
33	11	18	7	49
34	14	17	3	9
35	13	17	4	16
36	13	15	2	4
37	10	15	5	25
38	10	11	1	1
39	15	16	1	1
40	12	19	7	49
41	7	13	6	36
42	9	15	6	36
รวม	474	632	169	941
เฉลี่ย	11.29	15.05	4.02	22.41
S.D.	2.57	2.02	2.52	24.59
ร้อยละ	56.43	75.24	-	-

ตาราง 35 คะแนนแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้
เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่าย สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (10 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (10 คะแนน)	D	D ²
1	8	9	1	1
2	4	8	4	16
3	7	9	2	4
4	4	9	5	25
5	8	10	2	4
6	2	9	7	49
7	8	10	2	4
8	3	8	5	25
9	3	7	4	16
10	5	8	3	9
11	7	9	2	4
12	5	7	2	4
13	4	9	5	25
14	5	10	5	25
15	6	9	3	9
16	5	7	2	4
17	5	5	0	0
18	5	8	3	9
19	3	10	7	49
20	2	7	5	25
21	5	7	2	4
22	6	9	3	9
23	7	8	1	1
24	9	9	0	0
25	7	9	2	4
26	5	8	3	9
27	4	9	5	25
28	1	9	8	64

ตาราง 35 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (10 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (10 คะแนน)	D	D ²
29	5	8	3	9
30	4	7	3	9
31	3	9	6	36
32	7	8	1	1
33	6	10	4	16
34	5	6	1	1
35	6	8	2	4
36	7	9	2	4
37	4	10	6	36
38	6	10	4	16
39	6	8	2	4
40	5	9	4	16
41	6	7	1	1
42	6	9	3	9
รวม	219	354	135	585
เฉลี่ย	5.21	8.43	3.21	13.93
S.D.	1.74	1.18	1.91	15.02
ร้อยละ	52.14	84.28	-	-

ตาราง 36 คะแนนเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
อย่างง่ายชนิด PEDD สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3

ข้อที่	คะแนน	รวม	เฉลี่ย	ผลการประเมิน
1	170			
2	167			
3	165			
4	157			
5	165			
6	178			
7	146			
8	178			
9	174			
10	164	3351	3.96	ดี
11	166			
12	168			
13	173			
14	175			
15	183			
16	158			
17	177			
18	166			
19	164			
20	157			



ชื่อ.....รหัส.....กลุ่มที่.....

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบวัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ฉบับนี้ เนื้อหาที่นำมาออกเป็นแบบทดสอบประกอบไปด้วยบทปฏิบัติการจำนวน 3 บทปฏิบัติการคือ
บทปฏิบัติการที่ 1-1 เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณหลักในน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี
บทปฏิบัติการที่ 1-2 เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
 ซึ่งข้อสอบจะครอบคลุมทั้ง 3 บทปฏิบัตินี้
2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD ฉบับนี้ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
3. แบบทดสอบวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้ ทุกข้อเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก โดยให้นิสิตกากบาท (x) ในข้อที่คิดว่าถูก ลงในกระดาษคำตอบด้านหลังของชุดข้อสอบ
4. อย่าเปิดแบบทดสอบจนกว่าจะได้รับสัญญาณให้ลงมือทำ
5. เมื่อได้รับสัญญาณเตือนหมดเวลาในการทำข้อสอบ ให้นิสิตหยุดทำข้อสอบทันที

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ให้นิสิตกากบาท (X) ลงในกระดานคำตอบ

1. การวิเคราะห์โดยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงเป็นการประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์ใด
 - ก. Titration
 - ข. Spectroscopy
 - ค. Mass spectrometry
 - ง. Separation of chemicals
 - จ. Electroanalytical methods
2. ค่าความเข้มข้นของสารละลาย สัมพันธ์อย่างไรกับค่าความต่างศักย์
 - ก. แปรผกผันกัน
 - ข. แปรผันตามกัน
 - ค. เป็นอิสระจากกัน
 - ง. ค่าความต่างศักย์ขึ้นกับชนิดของสาร
 - จ. ค่าความต่างศักย์ขึ้นอยู่กับค่าที่อ่านได้จากสารละลายแบบลงค์
3. การเลือกหลอด LED ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง ใช้หลักการใดในการเลือก
 - ก. ตามความสะดวกของผู้ใช้งาน
 - ข. เลือกหลอด LED ที่หาซื้อได้ง่าย
 - ค. เลือกหลอด LED ที่ให้ความเข้มแสงสูง
 - ง. เลือกหลอด LED ที่ใช้ช่วงความยาวคลื่นกว้าง
 - จ. เลือกหลอด LED ที่ให้ช่วงความยาวคลื่นเหมาะสมกับสารที่วิเคราะห์
4. ไฮดรอกซิลามีน (NH_2OH) ทำหน้าที่ใดในการเตรียมเตรียมสารละลายเหล็ก
 - ก. รีดิวซ์ Fe(II) ให้กลายเป็น Fe(III)
 - ข. รีดิวซ์ Fe(III) ให้กลายเป็น Fe(II)
 - ค. ออกซิไดซ์ Fe(II) ให้กลายเป็น Fe(III)
 - ง. ออกซิไดซ์ Fe(III) ให้กลายเป็น Fe(II)
 - จ. เพิ่มความเป็นเบสให้กับการสารละลาย

5. ปริมาณใดต่อไปนี้แปรผันตามกัน

- ก. เวลา กับ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- ข. ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต กับ เวลา
- ค. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ กับ ปริมาณกรดคาร์บอนิก
- ง. ปริมาณกรดไฮโดรคลอริก กับ ความเข้มข้นของ Indicator
- จ. ปริมาณกรดไฮโดรคลอริก กับ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

6. ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกมีผลต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นหรือไม่ หากมีการเติมเกินปริมาณที่ทำปฏิกิริยากันพอดี

- ก. ไม่มีผล เพราะกรดมีมากเกินไป
- ข. ไม่มีผล เพราะ CaCO_3 ทำปฏิกิริยาหมดไปแล้ว
- ค. มีผล เพราะจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น
- ง. มีผล เพราะ CaCl_2 จะทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- จ. ข้อมูลไม่เพียงพอ

7. หากสารผสมที่นำมาวิเคราะห์มีช่วงการดูดกลืนแสงใกล้เคียงกันมาก สามารถวิเคราะห์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

- ก. ได้ เพราะสารทั้ง 2 ชนิดไม่ทำปฏิกิริยากัน
- ข. ไม่ได้ เพราะสารทั้ง 2 ชนิดทำปฏิกิริยากัน
- ค. ได้ เพราะสารละลายดูดกลืนช่วงความยาวคลื่นที่ต่างกัน
- ง. ไม่ได้ เพราะสารทั้ง 2 ชนิดมีค่าการดูดกลืนแสงที่ใกล้เคียงกันมากเกินไป
- จ. ข้อมูลไม่เพียงพอ

8. การหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง สามารถทำได้โดยวิธีใด

- ก. เทียบกับสารละลายมาตรฐาน
- ข. ทดสอบซ้ำกับสารละลายเดิม
- ค. เทียบกับเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงเครื่องอื่น
- ง. ทดสอบโดยวัดกับเครื่อง volt meter เครื่องอื่น
- จ. เทียบกับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer มาตรฐาน

9. หากสารตัวอย่างที่นิสิตนำมาวิเคราะห์มีช่วงค่าการดูดกลืนแสงเกินช่วงความเป็นเส้นตรงตามกฎของ Lambert-beer นิสิตจะอย่างไร

- ก. เจือจางสารละลายที่เตรียมไว้
- ข. เตรียมสารละลายใหม่
- ค. เปลี่ยนสารที่จะวิเคราะห์
- ง. วิเคราะห์ตามผลที่ได้
- จ. ทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้น

10. ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีที่คำนวณได้จากการทดลอง สามารถนำไปใช้ได้กับการทดลองที่ความยาวคลื่นอื่นๆ ได้หรือไม่

- ก. ได้ เพราะ ค่าค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีเป็นค่าคงที่ของสารแต่ละชนิด
- ข. ได้ เพราะ ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีเป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับตัวทำละลาย
- ค. ไม่ได้ เพราะ ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีสูงขึ้นเมื่อความยาวคลื่นสูงขึ้น
- ง. ไม่ได้ เพราะ ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีสูงขึ้นเมื่อความยาวคลื่นสั้นลง
- จ. ไม่ได้ เพราะ ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีเป็นค่าคงที่ของสารที่ความยาวคลื่นนั้นๆ

11. สารละลายผสม 3 ชนิดดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดียวกัน 2 ชนิด และความยาวคลื่นอื่นอีก 1 ชนิด เราสามารถวิเคราะห์สารผสมนี้ได้หรือไม่

- ก. ไม่ได้เพราะ สารทั้ง 3 ชนิดเกิดปฏิกิริยากัน
- ข. ได้ เพราะ สารทั้ง 3 ชนิดไม่เกิดปฏิกิริยากัน
- ค. ได้ เพราะ สารทั้ง 3 ชนิดมีสมบัติไม่ขึ้นแก่กันและกัน
- ง. สามารถแยกได้เฉพาะสารที่ดูดกลืนแสงแตกต่างจากสารอื่น
- จ. ไม่ได้เพราะ สารทั้ง 3 ชนิดดูดกลืนที่ความยาวคลื่นเดียวกัน

12. หากช่องที่แสงเดินทางผ่านระหว่าง LED ที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง และ LED ตรวจวัด ไม่ตรงกัน นิสิตคิดว่าจะมีผลอย่างไรต่อค่าความต่างศักย์ที่อ่านค่าได้

- ก. ค่าความต่างศักย์ได้สูงขึ้น
- ข. ค่าความต่างศักย์ไม่คงที่
- ค. อ่านค่าความต่างศักย์ไม่ได้
- ง. ค่าความต่างศักย์ได้น้อยลง
- จ. ไม่มีผลต่อค่าความต่างศักย์

13. เพราะเหตุใดจึงต้องรีดิวซ์ Fe(III) ให้กลายเป็น Fe(II) ทั้งหมดด้วยไฮดรอกซิลามีน (NH_2OH)

- ก. เพิ่มความเข้มข้นของ Fe(II)
- ข. Fe(III) จะดูดกลืนแสงมากกว่า Fe(II)
- ค. Fe(III) จะจับตัวกับ 1,10-ฟีแนโนโทรลีน ได้ดีกว่า Fe(II)
- ง. ป้องกันการรบกวนของ Fe(II) ในขณะที่ทำการวิเคราะห์
- จ. ในน้ำธรรมชาติจะมีทั้ง Fe(III) และ Fe(II) จึงต้องรีดิวซ์ Fe(III) ให้หมดก่อน

14. หากในน้ำธรรมชาติมีเฉพาะเหล็ก (II) อยู่แล้ว จำเป็นต้องเติมไฮดรอกซิลามีนหรือไม่

- ก. ไม่จำเป็นเพราะ ไม่ต้องรีดิวซ์เหล็ก (III)
- ข. จำเป็นเพราะ ต้องกำจัดสารเจือปนชนิดอื่นๆ
- ค. จำเป็นเพราะ จะช่วยให้สารละลายดูดกลืนแสงได้ดีขึ้น
- ง. จำเป็นเพราะ ต้องการให้เหล็ก (II) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น
- จ. ไม่จำเป็นเพราะ ไฮดรอกซิลามีนจะไปรีดิวซ์เหล็ก (II) ให้เป็นเหล็ก (III)

15. ข้อใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของสารเตรียมสารละลายมาตรฐานเพื่อหาปริมาณคาร์บอเนตในปูนซีเมนต์

- ก. $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- ข. $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) \longrightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- ค. $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CaCO}_3(\text{s}) \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- ง. $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) \longrightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- จ. ไม่มีข้อใดถูก

16. เพราะเหตุใด เมื่อผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปใน Bromothymol blue จึงเปลี่ยนเป็นสีแดง

- ก. เพราะสารละลายมี pH ที่สูงขึ้น
- ข. เพราะสารละลายมี pH ที่ต่ำลง
- ค. เพราะความเข้มข้นของ Bromothymol blue สูงขึ้น
- ง. เพราะคาร์บอนไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยากับ Bromothymol blue
- จ. ไม่มีข้อใดถูก

17. ความเข้มข้นของสีที่เปลี่ยนแปลงไปของสารละลาย Bromothymol blue ขึ้นอยู่กับปัจจัยใด

- ก. เวลาที่ใช้ในการทดลอง
- ข. ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก
- ค. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ผ่านลงไป
- ง. ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผ่านลงไป
- จ. ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์

18. การเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย Bromothymol blue ในน้ำ เกิดจากสาเหตุใด

- ก. ปริมาตรของกรดที่ใช้
- ข. ระยะเวลาที่ใช้การทดลอง
- ค. ปริมาตรของ Bromothymol blue
- ง. ปริมาณของ Bromothymol blue ที่ใช้
- จ. ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผ่านลงไป

19. ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมเกิดจากค่าใด

- ก. เกิดจากค่าการดูดกลืนแสงของสารทั้ง 2 ชนิดรวมกัน
- ข. เกิดจากค่าการดูดกลืนแสงของสารที่มีปริมาณสูงกว่า
- ค. เกิดจากค่าการดูดกลืนแสงของสารที่มีความเข้มข้นสูงกว่า
- ง. เกิดจากค่าการดูดกลืนแสงของสารที่มีค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีสูงกว่า
- จ. เกิดจากความแตกต่างของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายทั้ง 2 ชนิด

20. เพราะเหตุใดในการทดลองวิเคราะห์สารละลายผสมจึงเลือกใช้ KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

- ก. เพราะ สารทั้ง 2 ชนิดไม่ทำปฏิกิริยากัน
- ข. เพราะ สารทั้ง 2 ชนิดสามารถเกิดปฏิกิริยาร่วมกัน
- ค. เพราะ สารทั้ง 2 ชนิดมีค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีเท่ากัน
- ง. เพราะ สารทั้ง 2 ชนิดดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดียวกัน
- จ. เพราะ สารทั้ง 2 ชนิดสามารถหาได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ



คู่มือครู

เฉลยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงอย่างง่าย
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี กศ.บ. เคมี ชั้นปีที่ 3

ข้อ	ตัวเลือก					ข้อ	ตัวเลือก				
	ก	ข	ค	ง	จ		ก	ข	ค	ง	จ
1.						11.					
2.						12.					
3.						13.					
4.						14.					
5.						15.					
6.						16.					
7.						17.					
8.						18.					
9.						19.					
10.						20.					

ชื่อ.....รหัสนิสิต.....กลุ่ม.....

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการฉบับนี้ ประกอบไปด้วย 3 ทักษะคือ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และทักษะการทดลองมีคำถามทั้งหมด 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการฉบับนี้ ทุกข้อเป็นแบบอัตนัย โดยที่แต่ละข้อกำหนดสถานการณ์ให้นิสิตศึกษาก่อนแล้วจึงเขียนตอบลงในช่องว่างของแต่ละข้อ
3. อย่าเปิดแบบทดสอบจนกว่าจะได้รับสัญญาณให้ลงมือทำ
4. เมื่อได้รับสัญญาณเตือนหมดเวลาในการทำข้อสอบ ให้นิสิตหยุดทำข้อสอบทันที

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

บทปฏิบัติการที่ 1-1

1. จากผลการทดลองบทปฏิบัติการทดลองที่ 1-1 ดังตาราง พบว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน นิสิตจงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามจากผลการทดลองนี้

ค่าความเข้มข้นของ Fe(II) (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A) จากเครื่อง spectrophotometer	ค่าความต่ำสุดของสารละลายตัวอย่าง (E_{sample}) จากเครื่อง PEDD	$E_{\text{max}} - E_{\text{sample}}$ (ΔE)
0.5	0.1186	1.538	0.012
1.0	0.2241	1.528	0.022
1.5	0.3326	1.519	0.031
2.0	0.4444	1.507	0.043
2.5	0.5495	1.494	0.056

บทปฏิบัติการที่ 1-2

2. หากนิสิตต้องการพิสูจน์ว่า ความเข้มข้นของกรดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับแคลเซียมคาร์บอเนต นิสิตจะต้องควบคุมตัวแปรใดบ้าง

บทปฏิบัติการที่ 2

3. หากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณสารผสมระหว่าง KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ไม่ได้มีการควบคุมตัวแปรกรดโดยใช้เป็นสารละลาย blank นิสิตคิดว่าจะส่งผลอย่างไรต่อผลการทดลอง

4. จากผลการทดลองดังตาราง ตัวแปรที่ส่งผลต่อให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 468 nm และ 525 nm แตกต่างกันคือตัวแปรใด

ขวดที่	1.00×10^{-3} M KMnO ₄ (mL)	1.00×10^{-2} M K ₂ Cr ₂ O ₇ (mL)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 468 nm	ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 525 nm
1	2	10	0.5236	0.2002
2	6	6	0.4453	0.3622
3	10	2	0.1866	0.5052
สารตัวอย่าง	...	...		

ทักษะการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 1-1

5. สารตัวอย่างเล็กน้อยที่นำมาวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงเกินช่วงที่เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงสามารถตรวจวัดได้ นิสิตควรทำอย่างไร

บทปฏิบัติการที่ 1-2

6. จากผลการทดลองด้านล่าง ผู้ทดลองต้องการทดลองเพื่อวัตถุประสงค์ใด

ความเข้มข้นของ กรด H ₂ SO ₄ (M)	ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา (วินาที)
1	20
2	17
3	13
4	9
5	3

บทปฏิบัติการที่ 2

7. หากต้องการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า ปริมาณของ KMnO_4 ในสารละลายผสมมีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 nm หรือไม่ นิสิตจะออกแบบการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

8. หากนิสิตต้องการทดลองว่า ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีของสารละลายที่มีความยาวคลื่นต่างๆ มีค่าแตกต่างกัน นิสิตจะทำการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

บทปฏิบัติการที่ 1-2

9. จากการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่าง 2.5 กรัม พบว่าค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์มีค่าเท่ากับ 1.470 จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนในสารตัวอย่าง

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการที่ 2

10. จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมนั้น จะมีค่ามากกว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแต่ละชนิด นิสิตจะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

คู่มือครู

เฉลยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

บทปฏิบัติการที่ 1-1

1. จากผลการทดลองบทปฏิบัติการทดลองที่ 1-1 ดังตาราง พบว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน นิสิตจึงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามจากผลการทดลองนี้

ค่าความเข้มข้นของ Fe(II) (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A) จากเครื่อง spectrophotometer	ค่าความต่ำต้อยของสารละลายตัวอย่าง (E_{sample}) จากเครื่อง PEDD	$E_{\text{max}} - E_{\text{sample}}$ (ΔE)
0.5	0.1186	1.538	0.012
1.0	0.2241	1.528	0.022
1.5	0.3326	1.519	0.031
2.0	0.4444	1.507	0.043
2.5	0.5495	1.494	0.056

ตัวแปรต้น คือ ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก

ตัวแปรตาม คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเหล็ก

บทปฏิบัติการที่ 1-2

2. หากนิสิตต้องการพิสูจน์ว่า ความเข้มข้นของกรดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับแคลเซียมคาร์บอเนต นิสิตจะต้องควบคุมตัวแปรใดบ้าง

ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

บทปฏิบัติการที่ 2

3. หากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณสารผสมระหว่าง KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ไม่ได้มีการควบคุมตัวแปรกรด โดยการใช้เป็นสารละลาย blank นิสิตคิดว่าจะส่งผลอย่างไรต่อผลการทดลอง

จะส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ ไม่ตรงกับค่าการดูดกลืนแสงจริงของสารละลายผสม เพราะจะมีค่าการดูดกลืนแสงของกรดรวมอยู่ด้วย

4. จากผลการทดลองดังตาราง ตัวแปรที่ส่งผลต่อให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 468 nm และ 525 nm แตกต่างกันคือตัวแปรใด

ขวดที่	1.00×10^{-3} M KMnO ₄ (mL)	1.00×10^{-2} M K ₂ Cr ₂ O ₇ (mL)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 468 nm	ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 525 nm
1	2	10	0.5236	0.2002
2	6	6	0.4453	0.3622
3	10	2	0.1866	0.5052
สารตัวอย่าง	...	...		

ปริมาณของสารผสมทั้ง 2 ชนิด เพราะ KMnO₄ จะดูดกลืนแสงที่ 525 nm ทำให้เมื่อปริมาณ KMnO₄ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 nm สูงขึ้นด้วย

ทักษะการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 1-1

5. สารตัวอย่างหลักที่นำมาวิเคราะห์มีค่าการดูดกลืนแสงเกินช่วงที่เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงสามารถตรวจวัดได้ นิสิตควรทำอย่างไร

ทำให้สารตัวอย่างที่วิเคราะห์เจือจางลง

บทปฏิบัติการที่ 1-2

6. จากผลการทดลองด้านล่าง ผู้ทดลองต้องการทดลองเพื่อวัตถุประสงค์ใด

ความเข้มข้นของ กรด H ₂ SO ₄ (M)	ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา (วินาที)
1	20
2	17
3	13
4	9
5	3

เพื่อพิสูจน์ว่า ความเข้มข้นของกรดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่

บทปฏิบัติการที่ 2

7. หากต้องการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า ปริมาณของ KMnO_4 ในสารละลายผสมมีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 nm หรือไม่ นิสิตจะออกแบบการทดลองได้อย่างไร

ทำการทดลองโดยให้ปริมาณของ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ คงที่ แล้วทำการปรับเปลี่ยนปริมาณของ KMnO_4 จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

8. หากนิสิตต้องการทดลองว่า ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีของสารละลายที่ความยาวคลื่นต่างๆ มีค่าแตกต่างกัน นิสิตจะทำการทดลองได้อย่างไร

นำสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับสารความเข้มข้น จะได้ความชันของกราฟเป็นค่า โมลาร์แอบซอร์ปติวิตี

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

บทปฏิบัติการที่ 1-2

9. จากการวิเคราะห์ปริมาณสารตัวอย่าง 2.5 กรัม พบว่าค่าความแตกต่างของค่าความต่างศักย์มีค่าเท่ากับ 1.470 จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนในสารตัวอย่าง

58.8%

บทปฏิบัติการที่ 2

10. จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี ของสารแต่ละชนิดแต่ละความยาวคลื่นจะแตกต่างกัน นิสิตจะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีของสารตัวอย่างที่ความยาวคลื่นต่างๆ มีค่าแตกต่างกัน

ออกไป

**แบบวัดเจตคติต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD**

คำชี้แจง

เมื่อนิสิตทำปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ทั้ง 3 บทปฏิบัติการ คือ การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมตรี การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในสารตัวอย่างของแข็ง และการวิเคราะห์สารละลายผสม KMnO_4 และ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ จบแล้ว นิสิตมีความรู้สึกเห็นด้วยต่อข้อความต่อไปนี้หรือไม่ เมื่อนิสิตพิจารณาแล้วให้ทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของนิสิตที่มีต่อข้อความนั้นๆ (ข้อความละ 1 ช่องเท่านั้น) โดยตัวเลขแต่ละตัวเลขมีความดังต่อไปนี้

1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2 = ไม่เห็นด้วย 3 = ไม่แน่ใจ 4 = เห็นด้วย 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อคำถาม	ระดับความรู้สึก				
	5	4	3	2	1
1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่นำมาใช้เหมาะกับการทดลอง					
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละการทดลองใช้เวลาที่พอเหมาะ					
3. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงใช้งานง่าย					
4. การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการทำให้เสียเวลา					
5. ขณะเรียนบทปฏิบัติการเกิดความตื่นเต้น					
6. การเรียนโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงทำให้เกิดความสนใจต่อเครื่องมือมากขึ้น					
7. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนมีการใช้งานที่ยากทำให้บทปฏิบัติไม่น่าสนใจ					
8. ทำให้มีความละเอียดรอบคอบต่อการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ขณะทำการทดลอง					
9. นิสิตมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมทุกขั้นตอน					
10. กิจกรรมการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีน่าเบื่อหน่าย					
11. ช่วยสร้างนิสัยรักการค้นคว้า ทดลอง เพื่อแสวงหาข้อเท็จจริงต่างๆ					
12. บทปฏิบัติการทดลองทำให้เข้าใจ หลักการการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค spectrophotometry มากขึ้น					

ข้อคำถาม	ระดับความรู้				
	5	4	3	2	1
13.บทปฏิบัติการช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างเป็นระบบ					
14.ปฏิบัติการช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียน					
15.การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการทำให้เกิดประสบการณ์โดยตรง ต่อนิสิต					
16. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่ส่งเสริมให้นิสิตได้ใช้ ความสามารถของตนเอง					
17.บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไม่ส่งเสริมให้นิสิตได้ใช้ ความสามารถของตนเอง					
18.การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยให้มีความรู้เกี่ยวกับ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค spectrophotometry สูงขึ้น					
19.ความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการไม่สามารถนำไปใช้ในวิชาบรรยาย ได้เลย					
20.รู้สึกมั่นใจและกล้าถ่ายทอดความรู้จากการเรียนบทปฏิบัติการ แก่ผู้อื่น					



ภาคผนวก จ

ภาพประกอบการทำกิจกรรม

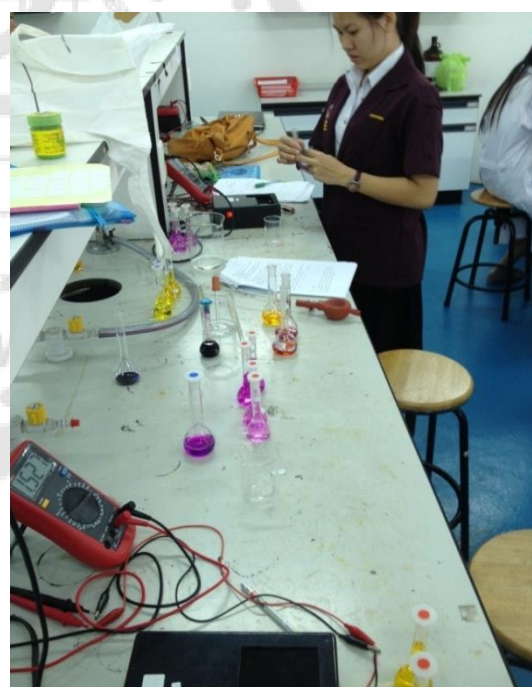
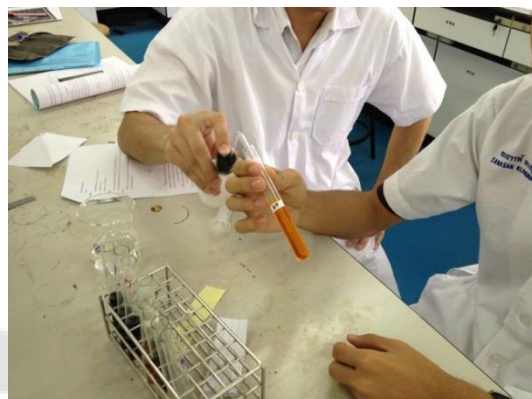
ภาพแสดงเครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายชนิด PEDD



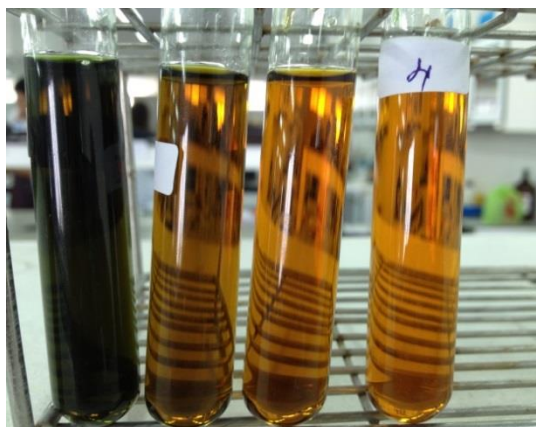
ภาพการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



ภาพกิจกรรมการทดลอง



ภาพกิจกรรมการทดลอง





ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายจารุวัฒน์ ชูรักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	4 มิถุนายน 2531
สถานที่เกิด	อ.ควนขนุน จ.พัทลุง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	67 ม.6 ต.นาขยาด อ.ควนขนุน จ.พัทลุง 93110
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครูอัตราจ้าง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนศรีอยุธยาในพระอุปถัมภ์ สมเด็จพระเจ้าภคินีเธอ เจ้าฟ้าเพชรรัตนราชสุดา สิริโสภาพัณณวดี 497 ถนนศรีอยุธยา แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2546	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนนาขยาดวิทยาคาร จ.พัทลุง
พ.ศ. 2549	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพัทลุง จ.พัทลุง
พ.ศ. 2553	วิทยาศาสตร์บัณฑิต จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2557	การศึกษามหาบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ