

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงสี ที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ก่อนแล้วนำมาพัฒนาเป็น บทปฏิบัติการ เพื่อนำไปใช้ทดลองสอนนักเรียนห้องเรียนพิเศษระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 28 คน ผู้วิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการทดลอง

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาแสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ ด้วยเครื่องมือ spectronic แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิธีการทดลอง

2. ศึกษาการใช้เครื่องมือ spectronic 200 ในการสแกนหาความยาวคลื่นของสารละลายทั้งสาม

การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยใช้เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี และห้องปฏิบัติการเคมี สาขาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องสเปกโตรนิค

2. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ปีกเกอร์ขนาดต่าง ๆ

2. ซ้อนดักสาร
3. หลอดทดลองขนาดกลาง
4. ชุดขาค้างหลอดทดลอง
5. หลอดหยด
6. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3
7. แท่งแก้วคน

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารละลาย $0.04\text{ mol/dm}^3\text{ CuSO}_4$
2. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (เจือจาง 50 % v/v)
3. สารละลายเอทิลีนไดอะมีน (เจือจาง 50 % v/v)
4. น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. เตรียมหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอด วางบนชุดขาค้างหลอดทดลอง
2. หลอดที่ 1 ตวงสารละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ เข้มข้น 0.04 mol/dm^3 ปริมาตร 2 cm^3 จากนั้นเติมน้ำลงไปอีก 6 cm^3
3. หลอดที่ 2 ตวงสารละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ เข้มข้น 0.04 mol/dm^3 ปริมาตร 2 cm^3 เติมน้ำลงไปอีก 6 cm^3 หยดสารละลาย NH_4OH (เจือจาง 50 % v/v) ลงไป 15 หยด พร้อมกับเขย่า
4. หลอดที่ 3 ตวงสารละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ เข้มข้น 0.04 mol/dm^3 ปริมาตร 2 cm^3 จากนั้นเติมน้ำลงไปอีก 6 cm^3 หยดสารละลายเอทิลีนไดอะมีน (เจือจาง 50 % v/v) ลงไป 2 หยด พร้อมกับเขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง
5. นำสารละลายทั้ง 3 ชนิดไปวัดความยาวคลื่น เพื่อสแกนหาความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) ด้วยเครื่อง spectronic การสแกนทำได้โดยเพิ่มความยาวคลื่นครั้งละ 10 นาโนเมตร ช่วงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูง ๆ ให้สแกนครั้งละ 1 นาโนเมตร
6. พล็อตกราฟระหว่างความยาวคลื่นกับค่าการดูดกลืนแสง

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการทดลอง

ผู้วิจัยนำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลอง มาดำเนินการพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ โดยบทปฏิบัติการทดลองประกอบด้วย

- 1) บทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียน และ 2) คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง

1. บทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียน

การสร้างบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน ผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษารายละเอียด ทฤษฎี

หลักการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทปฏิบัติการทดลอง รวมทั้งขอคำแนะนำจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้าง

1.2 วิเคราะห์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2551 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื้อหารายวิชา Advance Programe ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนพิเศษ โดยศึกษาหลักการ จุดมุ่งหมาย โครงสร้าง คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง สาระการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ แนวทางในการจัดการเรียนรู้และการวัดผลสัมฤทธิ์

1.3 สร้างบทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียน เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ บทปฏิบัติการทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยดังนี้

1.3.1 ข้อเสนอแนะในการใช้บทปฏิบัติการทดลอง

1.3.2 แบบทดสอบก่อนเรียน

1.3.3 ใบความรู้

1.3.4 ใบงานการทดลอง

1.3.4.1 หลักการ/แนวคิด

1.3.4.2 จุดประสงค์

1.3.4.3 ทฤษฎี

1.3.4.4 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1.3.4.5 วิธีการทดลอง

1.3.4.6 ตารางบันทึกผลการทดลอง

1.3.4.7 คำถามท้ายการทดลอง

1.3.4.8 อภิปรายผลการทดลอง

1.3.4.9 สรุปผลการทดลอง

1.3.5 แบบฝึกหัด

1.3.6 แบบทดสอบหลังเรียน

1.4 นำบทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียน ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการ

ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์ แล้วนำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเคมี คือ ดร.สุสิทธิ์ พุฒนวล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และ ผศ. ดร. อมรา เขียวรักษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชรินทร์ ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนเคมี คือ นางอัจฉรัตน์ ยืนนาน ครูชำนาญการพิเศษ และ นายธงชัย สร้างความคิด ครูชำนาญการ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ ผู้เชี่ยวชาญทางการวัดผลประเมินผล คือ นายขจิต มหาสิริโกศา วิชาเอกวัดผลประเมินผลและเจ้าหน้าที่งานวัดผลประเมินผลของโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมเกี่ยวกับเนื้อหา หลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์ วิธีทดลอง ของบทปฏิบัติการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินในแบบประเมินบทปฏิบัติการทดลอง ด้วยคะแนน 5 ระดับ แล้วนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญไปหาค่าเฉลี่ย (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 137)

$$\text{จากสูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนน
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยของบทปฏิบัติการทดลองมีค่าเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับดีมาก (ภาคผนวก ค ตารางที่ ค-1 หน้า 91)

1.5 นำบทปฏิบัติการทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (Individual Tryout) กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นกลุ่มทดลองใช้รายบุคคล จำนวน 3 คน ที่มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในเกณฑ์ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยคัดเลือกจากคะแนนผลการสอบปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 นำคะแนนของนักเรียนห้องเรียนพิเศษทุกคนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 มาเรียงกันจากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุดจะได้นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับสูง 1 คน และ ต่ำ 1 คน นำคะแนนของนักเรียนทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยจะได้นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง 1 คนเพื่อตรวจสอบจำนวนภาษา เนื้อหาและลำดับเนื้อหาให้เหมาะสม โดยให้นักเรียนเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ โดยทำ

การทดลองใช้เป็นรายบุคคลทีละคน นำผลการสังเกตมาปรับปรุงแก้ไข ข้อเสนอแนะ คือ มีการเพิ่มเติมขยายความรู้ในส่วนของการกราฟการดูดกลืนแสงของแคโรทีนและคลอโรฟิลล์

1.6 นำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้แบบกลุ่มเล็ก (Small Group Tryout) กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่ซ้ำกันกับการทดลองรายบุคคล จำนวน 9 คน ที่มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในเกณฑ์ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยคัดเลือกจากคะแนนผลการสอบปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 นำคะแนนของนักเรียนห้องเรียนพิเศษทุกคน ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 มาเรียงกันจากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุดจะได้นักเรียน ที่มีผลการเรียนระดับสูง 3 คน และ ต่ำ 3 คน นำคะแนนของนักเรียนทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง 3 คน เพื่อตรวจสอบในด้านระยะเวลา นำผลการคำนวณหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ผลการทดลองพบว่า ได้ค่าประสิทธิภาพ 86.67/85.56 (ภาคผนวก ง ตารางที่ ง-6 หน้า 107)

1.7 นำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ภาคสนาม (Field Group Tryout) กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเป็นนักเรียนที่คงเหลืออยู่จากการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการทดลอง ตามเกณฑ์ 80/80 ผลการทดลองพบว่า ได้ค่าประสิทธิภาพ 86.77/84.7 (ภาคผนวก ง ตารางที่ ง-7 หน้า 108)

1.8 นำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 28 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อีกก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง

2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง

การสร้างคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้นำบทปฏิบัติการทดลองที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอนโดยดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคู่มือครูประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2 จัดทำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลองโดยมีองค์ประกอบดังนี้

2.2.1 ข้อเสนอแนะในการใช้คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง

2.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้

2.2.3 แบบทดสอบก่อนเรียน

2.2.4 ใบความรู้

2.2.5 ใบงานการทดลอง

2.2.5.1 หลักการ/แนวคิด

2.2.5.2 จุดประสงค์

2.2.5.3 ทฤษฎี

2.2.5.4 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

2.2.5.5 การเตรียมการล่วงหน้า

2.2.5.6 วิธีการทดลอง

2.2.5.7 ตารางบันทึกผลการทดลอง

2.2.5.8 คำถามท้ายการทดลอง

2.2.5.9 อภิปรายผลการทดลอง

2.2.5.10 สรุปผลการทดลอง

2.2.6 แบบฝึกหัด

2.2.7 แบบทดสอบหลังเรียน

2.2.8 ตัวอย่างผลการทดลอง การตอบคำถามท้ายการทดลอง อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

2.2.9 เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

2.3 นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และองค์ประกอบทั้งหมดแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเช่นเดียวกับบทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียน ผู้เชี่ยวชาญเป็นชุดเดียวกับที่พิจารณาบทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียน เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาแล้วไปใช้ทดลองสอนกับนักเรียนดังนี้

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน

ประชากร ได้แก่ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษา

ตอนปลายโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

จำนวน 175 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 28 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลอง
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง

การทดลองหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพบทปฏิบัติการทดลอง

- แบบประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการทดลอง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชา Advance Programe เรื่อง แสงสี

ที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$

3. แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการทดลองหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือเก็บข้อมูล

1. การสร้างแบบประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาการสร้างแบบประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการทดลองจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการทดลองให้ครอบคลุมองค์ประกอบของบทปฏิบัติการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย ด้านประสิทธิภาพการทดลอง ด้านการออกแบบการทดลอง ด้านกิจกรรมการทดลอง บทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียนและคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง ครอบคลุมเนื้อหา การใช้ภาษา และ กิจกรรมการทดลอง

1.3 นำแบบประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการทดลองที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการทดลอง ด้านประสิทธิภาพการทดลอง ด้านการออกแบบการทดลอง บทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียนและคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง ผู้เชี่ยวชาญเป็นชุดเดียวกับที่พิจารณาบทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณ (Rating Scale) 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นการจัดอันดับคุณภาพ แต่ละระดับมีความหมายดังนี้

- ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- ระดับ 4 คะแนน หมายถึง ดี
- ระดับ 3 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ 2 คะแนน หมายถึง พอใช้
- ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

การแปลความหมายของคะแนน กำหนดเกณฑ์การแปลผลของคะแนนไว้ดังนี้
(บุญชม ศรีสะอาด, 2546, หน้า 162)

- ระดับ 4.51-5.00 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- ระดับ 3.51-4.50 คะแนน หมายถึง ดี
- ระดับ 2.51-3.50 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ 1.51-2.50 คะแนน หมายถึง พอใช้
- ระดับ 1.00-1.50 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลประเมินผล การสร้างเครื่องมือวัดผลวิชาวิทยาศาสตร์

2.2 วิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดจุดประสงค์ของแต่ละบทปฏิบัติการทดลองแล้วนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนคือตรวจให้คะแนนในกระดาษคำตอบข้อใดตอบถูกให้คะแนน 1 คะแนน ข้อใดตอบผิด ตอบเกิน 1 ข้อหรือไม่ได้ตอบ ให้ 0 คะแนน

2.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสี

ที่ถูกดักกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จำนวน 10 ข้อ เสนอต่อประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับที่พิจารณาบทปฏิบัติการทดลอง เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ความชัดเจนของข้อคำถาม และความเหมาะสมของตัวเลือก จากนั้นปรับปรุงข้อสอบให้มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60-1.00 นำมาเป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำนวน 10 ข้อ ข้อสอบที่ได้มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1 (ภาคผนวก ค ตารางที่ ค-2 หน้า 93)

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน แล้วนำผลการทดสอบ มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเป็นรายข้อ แล้วพิจารณาเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปเป็นข้อสอบที่จะนำไปใช้จริง จัดทำเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียน 10 ข้อ จากนั้นวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน ค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา แบบทดสอบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.47-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33-0.82 (ภาคผนวก ง ตารางที่ ง-1 หน้า 99) ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .8997 (ภาคผนวก ง ตารางที่ ง-2 หน้า 100)

3. ผู้วิจัยสร้างแบบฝึกหัด เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดักกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ โดยดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร วิเคราะห์เนื้อหาและหลักสูตรของวิชา Advance Program

3.2 แบบฝึกหัดชนิดเติมคำที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงดัชนีความสอดคล้อง IOC กับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3 คัดเลือกแบบฝึกหัดที่มีดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปจัดทำเป็นแบบฝึกหัดในบทปฏิบัติการทดลอง คัดแบบฝึกหัด 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 (ภาคผนวก ค ตารางที่ ค-5 หน้า 96)

4. ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดักกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

และ $[\text{Cu(en)}_3]^{2+}$ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)

4.2 สร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง จำนวน 12 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า โดยแบ่งการให้คะแนนเป็น 5 ระดับดังนี้

ระดับ 5 คะแนน หมายถึง มากที่สุด

ระดับ 4 คะแนน หมายถึง มาก

ระดับ 3 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 คะแนน หมายถึง น้อย

ระดับ 1 คะแนน หมายถึง น้อยที่สุด

การแปลความหมายของคะแนน กำหนดเกณฑ์การแปลผลของคะแนนไว้ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, หน้า 162)

ระดับ 4.51-5.00 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 3.51-4.50 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมาก

ระดับ 2.51-3.50 คะแนน หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ระดับ 1.51-2.50 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อย

ระดับ 1.00-1.50 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

4.3 นำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลองที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เป็นชุดเดียวกับที่พิจารณาบทปฏิบัติการทดลอง เพื่อทำการตรวจสอบความเหมาะสมด้วยแบบประเมินค่า 5 อันดับ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม แบบสอบถามที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 อยู่ในระดับดีมาก (ภาคผนวก ค ตารางที่ ค-6 หน้า 97)

4.4 นำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่ปรับปรุงแล้วมาใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 28 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยผลการเรียนรู้ครั้งนี้มีรูปแบบของการทดลองเป็นชนิดกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนเรียกว่า One - Group Pretest - Posttest Design ดังตารางที่ 3-1 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 60-61)

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการวิจัย ผลการเรียนรู้

กลุ่ม		สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E		T ₁	X	T ₂
เมื่อ	E	แทน	กลุ่มตัวอย่าง	
	T ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียน	
	X	แทน	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็น กับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของ ทองแดง [Cu(H ₂ O) ₆] ²⁺ [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ และ [Cu(en) ₃] ²⁺	
	T ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง	

การศึกษาด้านความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง มีรูปแบบของการทดลอง เป็นชนิดกลุ่มเดียวทดสอบหลังการเรียนรู้ (one short case study) ดังตารางที่ 3-2 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, 2549)

ตารางที่ 3-2 แบบแผนการศึกษาด้านความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง

กลุ่ม		สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E		-	X	T ₂
เมื่อ	E	แทน	กลุ่มตัวอย่าง	
	X	แทน	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็น กับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของ ทองแดง [Cu(H ₂ O) ₆] ²⁺ [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ และ [Cu(en) ₃] ²⁺	
	T ₂	แทน	การตอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลองหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง	

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง
2. ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ และ $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 28 คน และเก็บข้อมูลคะแนนประเมินผลการเรียนรู้หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง พร้อมกับให้นักเรียนทำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง
3. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป
4. นำคะแนนที่ได้จากการสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง หลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ยเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. พัฒนาเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูลโดย
 - 1.1 การวิเคราะห์หาความเที่ยงของบทปฏิบัติการทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
 - 1.2 คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง แบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง หาความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
 - 1.3 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้
 - 1.4 การวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 123)
2. ทดสอบสมมติฐาน
 - 2.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพบทปฏิบัติการทดลองด้วย สูตรการหาประสิทธิภาพ E_1 / E_2 ใช้สูตรของ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2543)
 - 2.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อ่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการ โดยใช้สถิติ t-test dependent
 - 2.3 วิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง หลังเรียนโดยใช้ค่าเฉลี่ยแล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์
สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ย (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 137)

จากสูตร
$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

1.2 หาความแปรปรวนของคะแนน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 142)

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

เมื่อ S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านประสิทธิภาพการทดลองและด้าน

การออกแบบการทดลองของบทปฏิบัติการทดลอง กับเนื้อหา ภาษา ของบทปฏิบัติการทดลอง
ที่พัฒนาขึ้น ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ข้อคำถามกับความชัดเจนและข้อคำถามกับ
ความเหมาะสมของตัวเลือก ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้
แบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง
(สมนึก ภักทิษณี, 2541, หน้า 221) ดังนี้

จากสูตร
$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 129-130)

จากสูตร
$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
	R	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

จากสูตร
$$R = \frac{(R_U - R_L)}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	R	แทน	อำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
	R_U	แทน	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
	R_L	แทน	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 123)

จากสูตร
$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้
k	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
p	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ = $\frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t-distributions
	D	แทน	ผลต่างของคะแนนทดสอบหลังใช้บทปฏิบัติการทดลอง กับคะแนนก่อนใช้บทปฏิบัติการทดลองแต่ละคู่
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของผลต่างของคะแนนก่อนและหลังใช้บทปฏิบัติการทดลอง
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบหลังใช้บทปฏิบัติการทดลองกับคะแนนก่อนใช้บทปฏิบัติการทดลอง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

4. ศึกษาความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการใช้วิธีหาค่าเฉลี่ย (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 137)

$$\text{จากสูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยคะแนน
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด