

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็น กับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ห้องเรียนพิเศษ) โดยมีรายละเอียดการสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังนี้

#### สรุปผลการวิจัย

##### ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การออกแบบและสร้างบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีมองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  ผลการวิจัย โดยสรุปดังนี้

การทดลองเตรียมสารละลายเป็นดังนี้ เมื่อสารละลาย hexaaquocopper (II) ion  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  สีของสารประกอบเชิงซ้อนเป็นสีฟ้าอ่อน มีการดูดกลืนแสงสูงสุด ( $\lambda_{\text{max}}$ ) ที่ความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร สีที่ดูดกลืนคือสีแดง สารละลาย tetraamminecopper (II) ion  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  สีของสารประกอบเชิงซ้อนเป็นสีน้ำเงิน มีการดูดกลืนแสงสูงสุด ( $\lambda_{\text{max}}$ ) ที่ความยาวคลื่น 613 นาโนเมตร สีที่ดูดกลืนคือสีส้ม สารละลาย tris-ethylenediaminecopper (II) ion  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  สีของสารประกอบเชิงซ้อนเป็นสีม่วง มีการดูดกลืนแสงสูงสุด ( $\lambda_{\text{max}}$ ) ที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตร สีที่ดูดกลืนคือสีเขียว-เหลือง

ผลจากการศึกษาวิธีการทดลองในห้องปฏิบัติการ เป็นไปตามทฤษฎีสามารถนำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการทดลองได้

##### ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการทดลอง

ผู้วิจัยนำผลการศึกษาจากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  แล้วนำไปประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่า ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก

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

เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้

### ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

1. ผู้วิจัยหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  พบว่า ร้อยละของคะแนนจากการตอบแบบฝึกหัดและใบงานการทดลองและแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ คือ 88.21/86.79 สรุปว่าประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

2. การศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

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

### อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้าดังนี้

#### ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

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

ผลการทดลองเตรียมสารเคมี และผลการตรวจวัดการดูดกลืนแสงสารละลายเป็นไปตามทฤษฎี แต่ข้อควรระมัดระวัง คือ การตวงสารเคมีควรระมัดระวังปริมาณให้ถูกต้อง เพราะหากสารทำปฏิกิริยาไม่พอดีกัน จะทำให้สีไม่เป็นไปตามทฤษฎี

เตรียมสารละลาย  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  โดยผสม  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  เข้มข้น  $0.04 \text{ mol/dm}^3$  ปริมาตร  $2 \text{ cm}^3$  จากนั้นเติมน้ำลงไปอีก  $6 \text{ cm}^3$  สารละลายที่ได้เป็นสีฟ้าอ่อน ดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร ดังนั้นสีที่ถูกดูดกลืนคือ สีแดง

เตรียมสารละลาย  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  โดยผสม  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  เข้มข้น  $0.04 \text{ mol/dm}^3$  ปริมาตร  $2 \text{ cm}^3$  ไปเติมน้ำลงไปอีก  $6 \text{ cm}^3$  หยดสารละลาย  $\text{NH}_4\text{OH}$  (เจือจาง 50 % v/v) ลงไป 15 หยด พร้อมกับเขย่า สารละลายที่ได้เป็นสีน้ำเงิน ดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 613 นาโนเมตร

คูคกิ้นแสงสีส้ม เตรียมสารละลาย  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  โดยผสม  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  เข้มข้น  $0.04 \text{ mol/dm}^3$  ปริมาตร  $2 \text{ cm}^3$  จากนั้นเติมน้ำลงไปอีก  $6 \text{ cm}^3$  หยดสารละลายเอทิลีนไดอะมีน (เจือจาง 50 % v/v) ลงไป 2 หยด สารละลายที่ได้เป็นสีม่วง คูคกิ้นแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตร คูคกิ้นแสงสีเขียว-เหลือง

## ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการทดลอง

1. ผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียนและคู่มือครู ประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกคูคกิ้นของ สารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

1.1 คุณภาพบทปฏิบัติการทดลองโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.58 อยู่ในระดับดีมาก อภิปรายผลในลักษณะแต่ละด้านดังต่อไปนี้

1.1.1 ด้านประสิทธิภาพการทดลอง สามารถทดลองได้ตามจุดประสงค์ การทดลองมีความเหมาะสมกับผู้เรียน การทดลองสามารถให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาดียิ่งขึ้น และทดลองได้เหมาะสมกับเวลา อยู่ในระดับดีมาก ส่วน การทดลองช่วยให้อธิบายทฤษฎีใช้เวลาน้อยลง อยู่ในระดับดี

1.1.2 ด้านการออกแบบการทดลอง วิธีการทดลองทำได้สะดวก ไม่ยุ่งยาก เตรียมสารเคมีได้ง่าย และ เก็บทำความสะอาดได้ง่าย รวดเร็ว อยู่ในระดับดีมาก ส่วนวิธีการทดลอง มีความปลอดภัย อยู่ในระดับดี

1.1.3 บทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียนและคู่มือครู ประกอบการสอน บทปฏิบัติการทดลอง เนื้อหาทางทฤษฎีมีความสัมพันธ์กับการทดลอง เนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวกับ หัวข้อจุดประสงค์การทดลอง เนื้อหาเรียงลำดับได้ถูกต้อง ชัดเจน ภาษาไม่วกวน เข้าใจง่าย ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา และ เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการสอน อยู่ในระดับดีมาก ส่วนเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน อยู่ในระดับดี

ผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการทดลองสำหรับนักเรียนและคู่มือครู ประกอบการสอนบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกคูคกิ้นของ สารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก เหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน เนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

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

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากพื้นฐานการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งคำนึงถึงความเหมาะสมในการทดลอง สารเคมี วัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน ช่วงระยะเวลาการทดลอง ให้เหมาะกับระดับชั้นที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เขียนบทปฏิบัติการให้มีเนื้อหาครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี จึงได้นำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการทดลอง ส่งผลให้บทปฏิบัติการทดลองที่สร้างและพัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์ด้านเนื้อหาเฉพาะเรื่องมากยิ่งขึ้น

### ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

1. จากการหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  ปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง ได้ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบฝึกหัดและใบงานการทดลองและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ คือ 88.21/86.79 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการดังนี้

ประการแรก เนื่องมาจากการออกแบบบทปฏิบัติการที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงและการออกแบบกิจกรรมการทดลองที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เน้นประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้และหลักการของแสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืน ใช้การฝึกทักษะการทดลองและจัดกระทำข้อมูลโดยการปฏิบัติจริง เพื่อเป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองระหว่างเรียนจากง่ายไปยากเพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ในระดับสูงต่อไป ดังที่คณะกรรมการพัฒนาการเรียนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2529, หน้า 116) กล่าวว่า การทดลองนั้นถือว่าเป็นหัวใจของการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะจะนำไปสู่การฝึกผู้เรียนในแง่ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

ประการที่สอง บทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  ได้สร้างและพัฒนาจากพื้นฐานการทดลองของผู้วิจัยเอง ซึ่งได้คำนึงถึงความเหมาะสมในการทดลองในหลาย ๆ ด้าน เช่น ระดับชั้นของนักเรียน เวลาที่ใช้ในการทดลอง กิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตลอดจนข้อจำกัดเชิงอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน

ประการที่สามบทปฏิบัติการทดลองที่สร้างขึ้น พัฒนาขึ้นมาให้สอดคล้องกับสภาพการเรียนการสอนในปัจจุบัน โดยอาศัยสื่อการเรียนการสอนในการถ่ายทอดความรู้ไปสู่ นักเรียน นักเรียนได้ทำการปฏิบัติการทดลองและทราบข้อมูลจากบทปฏิบัติการทดลองจริง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว ชัดเจนตามหลักการ และทฤษฎีที่กำหนดให้สอดคล้องกัน มีทักษะ

ทดลองเป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ แม็คเบธ (Mecbeth, 1974, หน้า 45-51) ที่ได้รับการวิจัยเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนอนุบาลกับนักเรียนเกรด 3 พบว่า การสอนให้นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเองช่วยให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับอนุบาลได้ดีกว่านักเรียนอยู่ระดับเกรด 3

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

2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทรทิรา จุมพลหล้า (2546) พบว่า นักเรียนที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิโรจน์ เกลยสุข (2541, หน้า 75) ซึ่งพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เป็นผลเนื่องมาจากบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมาได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งการประเมินในทุกด้านมีความเห็นในภาพรวมไปในแนวทางเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ดี และดีมาก อีกทั้งบทปฏิบัติการทดลองได้ผ่านการหาประสิทธิภาพทางการเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และมีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมกับผู้เรียน

3. ความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการทดลอง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  จากผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรอุมา ละมุล (2541, หน้า 123) พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีมาก

เนื่องมาจากสาเหตุบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นเป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีความแปลกใหม่สำหรับนักเรียนในระดับชั้นนี้ และง่ายต่อการทดลอง ได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองกับเครื่องมือที่ไม่คุ้นเคย ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ อยากเห็น กระตือรือร้น นักเรียนสามารถเห็นผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพความเชื่อมโยงของเนื้อหาตามทฤษฎี จากผลการทดลองสอดคล้องกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

วัฒนาพร ระวังทุกข์ (2541, หน้า 11) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความพร้อมและมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนอย่างมีชีวิตชีวา

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

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการออกแบบบทปฏิบัติการทดลองในครั้งนี้ใช้เครื่อง spectronic200 ซึ่งเป็น เครื่องดิจิทัล เนื่องจากสามารถอ่านค่าได้ถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว นักเรียนใช้งานได้ง่าย

1.2 ก่อนดำเนินการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสี ที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  ควรปรับพื้นฐานความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับสมบัติธาตุทรานซิชัน ให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง ก่อน

1.3 การผสมสารเคมีควรระมัดระวังปริมาณและปริมาณให้ถูกต้อง หากสาร ผสมกันไม่พอดีจะทำให้สีผิดจากทฤษฎีจะส่งผลต่อการวัดค่าการดูดกลืนแสง

1.4 ควรใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวาดกราฟการดูดกลืนแสงกับความยาว คลื่นของสารละลายที่เกิดขึ้น ทำให้เห็นตำแหน่งถูกต้องและรวดเร็ว

1.5 ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง เสียหายได้เมื่อถูกความชื้น ครูผู้สอนต้องแนะนำให้นักเรียนระมัดระวังขณะใช้งาน บอกข้อควรปฏิบัติให้ชัดเจน และควรอยู่ ควบคุมนักเรียนตลอดเวลาขณะทดลอง

### 2. ข้อเสนอแนะการวิจัยในขั้นต่อไป

2.1 ควรมีการนำบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูก ดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  และ  $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$  ไปศึกษาด้านความรู้ กับนักเรียนช่วงชั้นอื่น ๆ

2.2 ควรมีการพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่องอื่น ๆ เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน ในเนื้อหาย่อยอื่น ๆ ที่น่าสนใจ

2.3 ควรมีการศึกษาถึงผลการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะปฏิบัติการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์