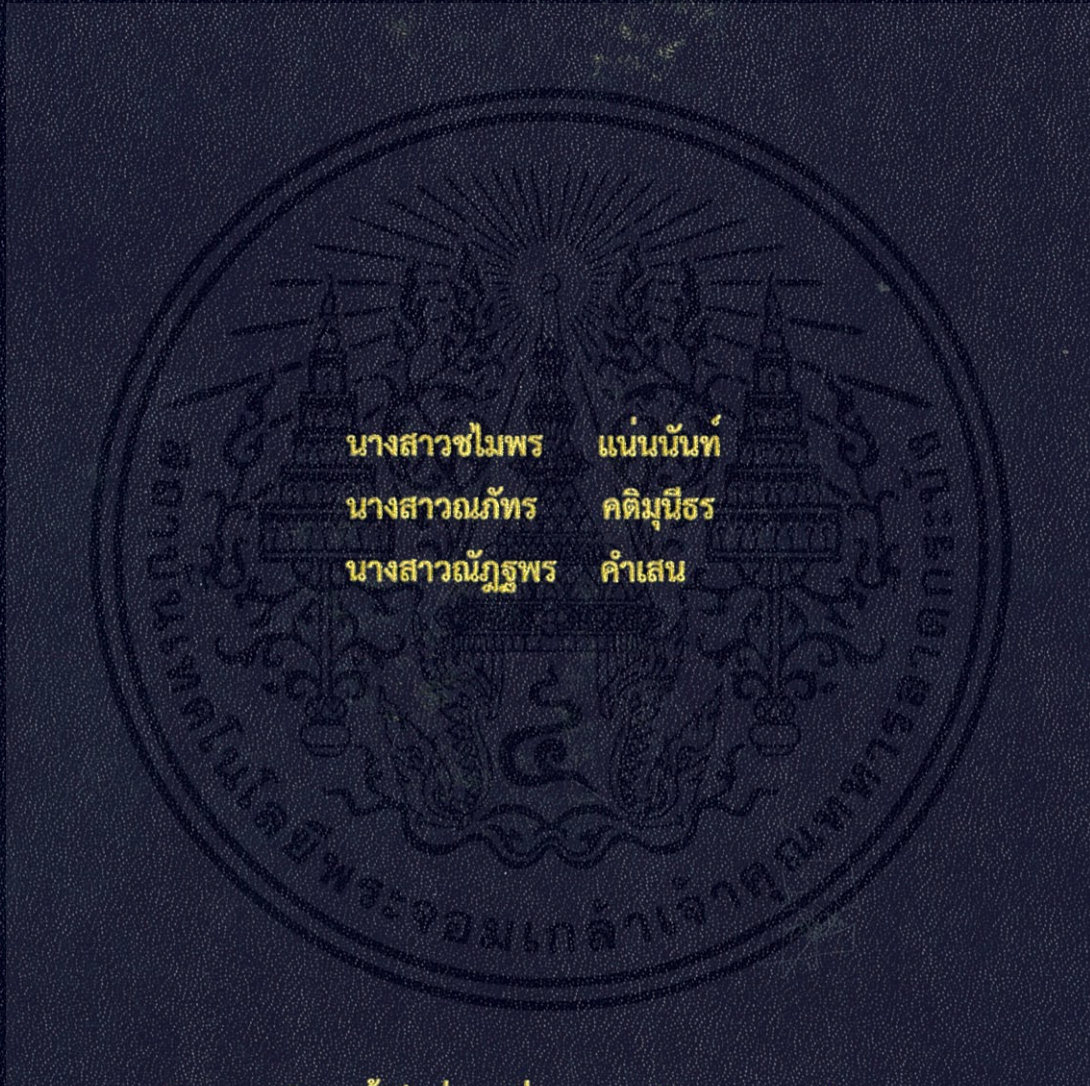


สมบัติทางแสงของสารเรืองแสงที่ผสมกับอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน
OPTICAL PROPERTIES OF LUMINESCENT MATERIALS AND METAL
NANOPARTICLES



นางสาวชไมพร แน่นนันท
นางสาวณภัทร คติมนีธร
นางสาวณัฐพร คำแสน

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

สมบัติทางแสงของสารเรืองแสงที่ผสมกับอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน

OPTICAL PROPERTIES OF LUMINESCENT MATERIALS AND METAL
NANOPARTICLES



นางสาวชไมพร

แน่นันท์

นางสาวณภัทร

คตมุนีธร

นางสาวณัฐพร

คำเสน

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

OPTICAL PROPERTIES OF LUMINESCENT MATERIALS AND METAL
NANOPARTICLES



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED PHYSICS

DEPARTMENT OF PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ สมบัติทางแสงของสารสีย้อมที่ผสมกับอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน
OPTICAL PROPERTIES OF LUMINESCENT MATERIALS AND METAL NANOPARTICLES

ชื่อนักศึกษา นางสาวไมพร แนนันท์ รหัสนักศึกษา 54050504
นางสาวณภัทร คติมนีธร รหัสนักศึกษา 54050513
นางสาวณัฐพร คำเสน รหัสนักศึกษา 54050514

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.อาภาภรณ์ สกฤตการะเวก	
ดร.กฤษกร โล่เจริญรัตน์	
ดร.วิฑูรย์ ยืนดีสุข	
ผศ.ดร.ภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์	ภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรืออ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	สมบัติทางแสงของสารสีย้อมที่ผสมกับอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชไมพร เน่นนันท์	รหัสนักศึกษา 54050504
	นางสาวณภัทร คติมนิธร	รหัสนักศึกษา 54050513
	นางสาวณัฐพร คำเสน	รหัสนักศึกษา 54050514
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
ปีการศึกษา	2557	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางแสงของสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และสารสีย้อม Coumarin 153 กับสาร Gold/palladium (Au@Pd) และสาร Pd(porous) ในรูปของสารละลายและฟิล์มบาง สารละลายสีย้อมที่มีความเข้มข้นค่าต่างๆจะถูกนำมาผสมกับ Gold/Palladium (Au@Pd) ในน้ำ DI และอนุภาค Pd(porous) ใน Ethanol ที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ส่วนฟิล์มบางจะถูกจัดเตรียมขึ้นโดยใช้เทคนิคการเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง ทั้งสารละลายและฟิล์มบางจะถูกตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ UV-VIS พบว่าสารละลาย Rhodamine 6G ที่มีความเข้มข้น 1.88×10^{-7} M ผสมกับสารละลาย Gold/palladium ที่มีความเข้มข้น 3.83×10^{-6} M เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกเรโซแนนซ์ที่สุด ส่วนสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกเรโซแนนซ์

คำสำคัญ : ปรากฏการณ์พลาสมอนิกเรโซแนนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	OPTICAL PROPERTIES OF LUMINESCENT MATERIALS AND METAL NANOPARTICLES		
Students	Miss Chamiporn Nannun	Student ID	54050504
	Miss Napat Katimuneethorn	Student ID	54050513
	Miss Natthaporn Khamsen	Student ID	54050514
Degree	Bachelor of Science in Applied Physics		
Department	Physics		
Academic Year	2557		
Advisor	Asst. Prof. Dr. Pattareeya Damrongsak		

ABSTRACT

This project aims to study the optical properties of Rhodamine 6G dyestuffs and coumarin 153 dyestuffs with Gold/Palladium nanorods or porous palladium nanoparticles in the forms of solution and thin films. The various concentrations of dyestuffs solution are mixed with different concentration of Gold/Palladium dilute with DI water or porous palladium diluted with ethanol. The thin films are then spin coating technique. Both solution and thin film are finally investigated by using a UV-VIS spectrometer. It is found that the Rhodamine 6G solution at concentration of 1.88×10^{-7} M mixed with gold/palladium at concentration of 3.83×10^{-6} M cause the plasmonic resonance. By contrast the coumarin 153 with Pd(porous) don't cause the plasmonic resonance.

Keywords : The plasmonic resonance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทรียา ดำรงค์ศักดิ์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา รวมทั้งตรวจแก้โครงการพิเศษเล่มนี้ เพื่อให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด

ขอขอบพระคุณ ดร.กฤษกร โส้เจริญรัตน์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทดลอง และเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาย่างใกล้ชิด

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาตลอดเวลาในระยะเวลาการทำโครงการพิเศษ

นางสาวชไมพร แนนันท์
นางสาวณภัทร คติมุณีธร
นางสาวณัฐพร คำเสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อและสัญลักษณ์	๗
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 สารเรืองแสง	4
2.2 วัสดุตัวกลาง	6
2.3 กลไกการเรืองแสงของสารเรือง	7
2.4 กลไกการที่ทำให้เกิดการลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์	11
2.5 กลไกการดูดกลืนแสง	13
2.6 หลักการทำงานของแผ่นรวมแสง	15
2.7 สเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer)	16
2.8 สมบัติพื้นฐานของอนุภาคนาโน	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	30
3.1 เครื่องมือและระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	30
3.2 การศึกษาสมบัติทางแสง	37
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	43
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	51
4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และ Gold/Palladium (Au@Pd)	51
4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Coumarin 153 และสารละลาย Pd (porous)	67
4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางจากสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และสาร Gold/Palladium (Au@Pd)	83
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	89
5.1 สรุปผลการวิจัย	89
5.2 ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินการวิจัย	3
2.1 Porous Single-Crystalline Palladium Nanocrystals	26
2.2 Platinum, Palladium Coated Gold Nanorods	27
3.1 การจัดเตรียมสาร R6G + Au@Pd โดยการเจือจางด้วยน้ำ DI ทั้งหมด 10 ครั้ง	44
3.2 การจัดเตรียมสาร R6G + น้ำ DI โดยการเจือจางด้วยน้ำ DI ทั้งหมด 10 ครั้ง	45
3.3 การเตรียมสาร Coumarin + Pd(porous) โดยเจือจางด้วย Ethanol ทั้งหมด 10 ครั้ง	47
3.4 การเตรียมสาร Coumarin + Ethanol โดยเจือจางด้วย Ethanol ทั้งหมด 10 ครั้ง	47
4.1 แสดงความเข้มข้นของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) และสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จำนวน 10 ความเข้มข้น	56
4.2 แสดงความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 และสารละลาย Pd(porous) จำนวน 10 ความเข้มข้น	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้าง Rhodamine 6G	5
2.2 โครงสร้าง Coumarin 153	5
2.3 ตัวอย่างการลดลงของความเข้มของแสงเมื่อต้องเดินทางผ่านตัวกลาง และกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง/ปริมาณ กับค่า %Transmittance และ Absorbance	8
2.4 กลไกการเปล่งแสง	9
2.5 การสะท้อน	10
2.6 กฎการสะท้อนของแสง	11
2.7 ไดอะแกรมแสดงกลไกต่างๆที่ทำให้เกิดการลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์	11
2.8 แสดงปรากฏการณ์ Escape cone loss	12
2.9 กลไกการดูดกลืนแสง	13
2.10 แผนรวมแสงลูมิเนสเซนซ์	15
2.11 แผนภาพเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์อย่างง่าย	16
2.12 หลอดควิเทอเรียม และหลอดทั้งสแตน	17
2.13 เกรตติ้งใช้แยกความยาวคลื่นที่ต้องการ	17
2.14 ตัวอย่าง cuvettes แบบต่างๆ	18
2.15 ภาพตัดขวางของหลอด PMT และลักษณะหลอด PMT ในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	19
2.16 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ	19
2.17 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงเดี่ยว	20
2.18 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงคู่	21
2.19 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ	22
2.20 กระบวนการสั่นของพลาสมอน (plasmon oscillation) สำหรับอนุภาคทรงกลม	23
2.21 TEM image of gold colloid	24
2.22 TEM images and the average sizes of gold nanoparticles synthesized for various citrate concentration	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.23 Influence of the gold nanoparticles size on the absorbance response	25
2.24 Porous Single-Crystalline Palladium Nanocrystals	25
2.25 Platinum, Palladium Coated Gold Nanorods	26
2.26 สเปกตรัมการดูดกลืนของฟอสโฟไลปิดที่ยึดจับกับทองคำ	28
2.27 ภาพถ่าย TEM ของอนุภาคนาโนทองคำที่ยึดจับกับฟอสโฟไลปิด และอนุภาคนาโนทองคำที่ไม่มีฟอสโฟไลปิด	28
2.28 พูเรียทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของฟอสโฟไลปิดที่ยึดจับกับทองคำ, โมเลกุลของ DPPC และโซเดียมซิเตรตโมเลกุล	28
2.29 สเปกตรัมการดูดกลืนของอนุภาคนาโนทองคำในสารละลาย และ อยู่ในรูปของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์	29
2.30 ภาพถ่าย TEM ของอนุภาคนาโนทองคำที่เตรียมโดยใช้ HH และ SFS เป็นตัวรีดิวซ์	29
3.1 เส้นใยแก้วนำแสง	30
3.2 เครื่องสเปกโตรมิเตอร์	31
3.3 แหล่งกำเนิดแสงทั้งสแตนด์แอลไลน์ใยแก้วนำแสงที่ใช้สำหรับนำส่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังสารละลายหรือฟิล์มบาง	31
3.4 ไดโอดเปล่งแสง	32
3.5 เลเซอร์แสงสีเขียว และสเปกตรัมแสงของเลเซอร์สีเขียว	32
3.6 อุปกรณ์จับยึดสำหรับระบบวัดสมบัติทางแสงของสารละลาย	33
3.7 อุปกรณ์จับยึดสำหรับระบบวัดสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง	33
3.8 แท่นวางสำหรับจับยึดกระจกสไลด์	34
3.9 เครื่องปั๊มสุญญากาศ	35
3.10 มอเตอร์ควบคุมความเร็ว	35
3.11 เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)	35
3.12 แท่นควบคุม	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 หม้อแปลง	36
3.14 แผ่นอะคริลิก	37
3.15 ระบบเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง	37
3.16 ระบบวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในรูปของสารละลาย	38
3.17 ระบบวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงในรูปของสารละลาย	40
3.18 ระบบวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในรูปของฟิล์มบาง	41
3.19 ระบบวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงในรูปของฟิล์มบาง	42
3.20 แสดงวิธีการผสมสาร R6G + Au@Pd และ R6G+ น้ำ DI	45
3.21 แสดงวิธีการผสมสาร Coumarin + Pd(porous) และ Coumarin + Ethanol	48
4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)	51
4.2 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) กระตุ้นด้วยแสง LED ที่มีความยาวคลื่น 524 nm	52
4.3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G)	53
4.4 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G)	53
4.5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับ น้ำ DI และสารละลายสีย้อม R6G ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)	54
4.6 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลายสีย้อม R6G ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)	55
4.7 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จำนวน 10 ความเข้มข้น	57
4.8 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จำนวน 10 ความเข้มข้น	57
4.9 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับ น้ำ DI	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
จำนวน 10 ความเข้มข้น

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับ น้ำ DI จำนวน 10 ความเข้มข้น	58
4.11 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 3.05×10^{-5} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.5×10^{-6} M (ครั้งที่ 1)	59
4.12 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.53×10^{-5} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 7.5×10^{-7} M (ครั้งที่ 2)	60
4.13 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 7.65×10^{-6} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 3.75×10^{-7} M (ครั้งที่ 3)	60
4.14 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 3.83×10^{-6} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.88×10^{-7} M (ครั้งที่ 4)	61
4.15 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.92×10^{-6} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 9.4×10^{-8} M (ครั้งที่ 5)	61
4.16 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 9.6×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 4.7×10^{-8} M (ครั้งที่ 6)	62
4.17 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 4.8×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 2.35×10^{-8} M (ครั้งที่ 7)	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 2.4×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.18×10^{-8} M (ครั้งที่ 8)	63
4.19 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.2×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 5.9×10^{-9} M (ครั้งที่ 9)	63
4.20 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 6×10^{-8} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 2.95×10^{-9} M (ครั้งที่ 10)	64
4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีคการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) กับจำนวนครั้งในการเจือสารละลาย	65
4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีคการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI กับจำนวนครั้งในการเจือสารละลาย	65
4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีคการเปล่งแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)	66
4.24 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Pd(porous) ปริมาตร 1 ml	67
4.25 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ปริมาตร 1 ml กระตุ้นด้วยแสง LED ที่มีความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร	68
4.26 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้นค่าต่างๆ	69
4.27 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้นค่าต่างๆ	69
4.28 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol และ สารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ สารละลาย Pd	70
4.29 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol และ สารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ สารละลาย Pd	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.30 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) จำนวน 10 ความเข้มข้น	73
4.31 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) จำนวน 10 ความเข้มข้น	73
4.32 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol จำนวน 10 ความเข้มข้น	74
4.33 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol จำนวน 10 ความเข้มข้น	74
4.34 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 1.18×10^{-4} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.25×10^{-5} M (ครั้งที่ 1)	75
4.35 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 5.90×10^{-5} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 6.25×10^{-6} M (ครั้งที่ 2)	76
4.36 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 2.95×10^{-5} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 3.13×10^{-6} M (ครั้งที่ 3)	76
4.37 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 1.48×10^{-5} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.57×10^{-6} M (ครั้งที่ 4)	77
4.38 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 7.40×10^{-6} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 7.85×10^{-7} M (ครั้งที่ 5)	77
4.39 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 3.70×10^{-6} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 3.93×10^{-7} M (ครั้งที่ 6)	78
4.40 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 1.85×10^{-6} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.97×10^{-7} M (ครั้งที่ 7)	78
4.41 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 9.25×10^{-7} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 9.85×10^{-8} M (ครั้งที่ 8)	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.42 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 4.63×10^{-7} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 4.93×10^{-8} M (ครั้งที่ 9)	79
4.43 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 2.32×10^{-7} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 2.47×10^{-8} M (ครั้งที่ 10)	80
4.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปล่งแสงของของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) กับจำนวนครั้งในการเจือสารละลาย	81
4.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปล่งแสงของของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol กับจำนวนครั้งในการเจือสารละลาย	81
4.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีคการเปล่งแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous)	82
4.47 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ	84
4.48 สเปกตรัมการเปล่งแสงของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ กระตุ้นด้วยเลเซอร์สีเขียว ที่มีความยาวคลื่น 532 nm	84
4.49 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 2.29×10^{-6} M เทียบกับ Gold/Palladium ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M	85
4.50 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 3.49×10^{-6} M เทียบกับ Gold/Palladium ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M	86
4.51 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 5.81×10^{-5} M เทียบกับ Gold/Palladium ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M	86
4.52 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 3.49×10^{-6} M เทียบกับฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 5.81×10^{-5} M	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
TLSCs	ฟิล์มบางรวมแสงลูมิเนสเซนต
PMMA	Poly methyl Methacrylate
Au@Pd	Gold/Palladium
Pd(porus)	Porous Palladium Nanoparticles
LSCs	Luminescent solar concentrators
MMA	Methyl Methacrylate
A	ค่าการดูดกลืนแสงของสาร (Absorbance)
M	โมลาริตี หรือ โมลาร์ เป็นหน่วยความเข้มข้น
E	ความสว่าง (lux)
T	ความส่องผ่าน (transmittance)
I	ความเข้มของแสงที่ผ่านเข้าไป
I_0	ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมา
ml	มิลลิลิตร
SPR	Surface Plasmon Resonance
DCM	สารทำละลาย Dichloromethane
R6G	สารสีย้อม Rhodamine 6G
UV	Ultra Violet
nm	นาโนเมตร
cm	เซนติเมตร
น้ำ DI	น้ำปราศจากไอออน (Deionized water)
USB	Universal Serial Bus
g	ปริมาณสาร
MW	มวลโมเลกุล
N_1	ความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
CO ₂	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
TEM	Transmission electron microscope
C ₁	ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น
C ₂	ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการ
V ₁	ปริมาตรของสารละลายที่ต้องแบ่งมา
V ₂	ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ
SiO ₂	ซิลิคอนไดออกไซด์
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ กิจกรรมทุกประเภทของมนุษย์ต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นพลังงานทางเลือกรูปแบบหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดใช้ พลังงานจากแสงอาทิตย์จะอนุรักษ์สภาวะแวดล้อมดีกว่าการใช้พลังงานเชื้อเพลิง เพราะมันช่วยลดภาวะเรือนกระจกที่เกิดจากก๊าซ CO₂ ก๊าซนี้จะทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น การแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งของการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาทำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

ตัวอย่างที่ได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิกอน เป็นระบบที่ให้ความร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และเป็นระบบรวมแสง ส่วนฟิล์มบางรวมแสงลูมิเนสเซนส์ (TLSCs) ก็คืออีกตัวอย่างหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจ ทั้งนี้เนื่องจากสามารถใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีราคาถูก โดยหลักการของแผ่นรวมแสงคือ การลดปริมาณวัสดุสารกึ่งตัวนำที่ใช้และการรวมแสงที่ตกกระทบพื้นที่ขนาดใหญ่ไปสู่พื้นที่ขนาดเล็กได้ในราคาไม่แพง แนวคิดพื้นฐานในการทำ TLSCs จะขึ้นอยู่กับ การดูดกลืนแสงของฟิล์มบางที่เคลือบอยู่ด้านบนแผ่นวัสดุโปร่งแสงที่มีค่าดัชนีหักเหสูง แสงที่ถูกดูดกลืนจะถูกปลดปล่อยออกมา โดยมีประสิทธิภาพเชิงควอนตัมที่สูง และเคลื่อนที่ภายในแผ่นด้วยกลไกสะท้อนกลับหมดไปยังบริเวณขอบของแผ่นที่มีเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กประกอบอยู่ การจะนำ TLSCs มาใช้จริงนั้นยังไม่สามารถทำได้ทั้งนี้เนื่องจาก ปัญหาหลัก 3 ประการ คือ วัสดุเรืองแสงที่ใช้เจือในแผ่นมีการดูดกลืนแสงที่ต่ำในย่านวิสิเบิล ดังนั้นจึงจำกัดการแปลงพลังงาน นอกจากนี้วัสดุเรืองแสงยังเสื่อมสภาพเร็วเมื่อได้รับแสง ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลงด้วย และอีกประการก็คือการซ้อนทับกันระหว่างสเปกตรัมการดูดกลืนกับสเปกตรัมการเรืองแสงบางส่วน ทำให้เกิดการสูญเสียการดูดกลืนแสงที่เพิ่มตามขนาดของ TLSCs ด้วย ข้อเสียหลักของ TLSCs คือ รังสีของแสงอาทิตย์จะถูกดูดกลืนในปริมาณน้อย ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณแสงที่ถูกปลดปล่อยออกมาใช้งานโดยเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ โดยการใช้คุณสมบัติพลาสมอนิกของอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวแสง โดยอาศัยปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงร่วมกับปรากฏการณ์พลาสมอนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอื่นใดได้โดยไม่ได้รับอนุญาต
โครงการพิเศษนี้เกี่ยวข้องกับ การจัดเตรียมสารละลายสีย้อมที่ผสมกับอนุภาคโลหะขนาดนาโน เพื่อใช้สำหรับจัดเตรียมแผ่นรวมแสงลูมิเนสเซนส์ โดยผู้วิจัยจะทำการศึกษาเงื่อนไขในการจัดเตรียมสารละลายที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกเรโซแนนซ์ รวมถึงการศึกษาคุณสมบัติ การ

ดูดกลืนแสง และการเรืองแสงของสารละลายที่จัดเตรียมขึ้น อีกทั้งจะได้ทดลองจัดเตรียมฟิล์มบางจากสารละลายที่ผสมระหว่างสีย้อมและอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกเรโซแนนซ์ในรูปของฟิล์มบางอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาสมบัติทางแสงของอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ในรูปของสารละลาย
- 2) เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) + Gold/Palladium (Au@Pd) และสีย้อม Coumarin 153 + Pd(porous) ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกเรโซแนนซ์
- 3) เพื่อทำการทดลองจัดเตรียมฟิล์มบางจากสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) + Gold/Palladium (Au@Pd)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ศึกษาทฤษฎีและหลักการของอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous)
- 2) ศึกษาสมบัติทางแสงของอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างระดับนาโนคือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ในรูปของสารละลาย
- 3) ศึกษาหลักการและทดลองจัดเตรียมฟิล์มบางจากสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) + Gold/Palladium (Au@Pd) และสีย้อม Coumarin 153 + Pd(porous)

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีของอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ในรูปของสารละลาย และศึกษาคุณสมบัติของสารที่ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อให้เกิดความเหมาะสมที่สุดในการนำมาทำฟิล์มบางลูมิเนสเซนส์
- ขั้นตอนที่ 2 เตรียมอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ในรูปของสารละลาย เพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติทางแสง
- ขั้นตอนที่ 3 เตรียมฟิล์มบางจากสารละลายที่ผสมระหว่างสีย้อมและอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน เพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติทางแสงของฟิล์มบางลูมิเนสเซนส์

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้

ขั้นตอนที่ 5 จัดเตรียมรูปเล่มการนำเสนอให้เสร็จสมบูรณ์

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลาปีการศึกษา 2557												
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	
ขั้นตอนที่ 1													
ขั้นตอนที่ 2													
ขั้นตอนที่ 3													
ขั้นตอนที่ 4													
ขั้นตอนที่ 5													

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีและสมบัติทางแสงของอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ในรูปของสารละลาย
- 2) ได้ทราบถึงเงื่อนไขที่เหมาะสมในการจัดเตรียม (สารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) + Gold/Palladium (Au@Pd) และสารสีย้อม Coumarin 153 + Pd(porous) ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ พลาสมอนิกเรโซแนนซ์)
- 3) มีความรู้ความเข้าใจกระบวนการจัดเตรียมฟิล์มบางจากสารละลายที่ผสมระหว่างสีย้อมและอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน
- 4) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการวัดสมบัติทางแสงของอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ในรูปของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 สารเรืองแสง

เป็นตัวที่ทำหน้าที่ในการเกิดกลไกการเรืองแสง หรือเป็นวัสดุที่สำคัญในการแปลงความยาวคลื่นหรือพลังงานแสง สมบัติของสารเรืองแสงมีดังนี้

- มีเสถียรภาพเชิงแสง
- มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดกลืนแสงที่สูงทำให้ดูดกลืนแสงได้ดี
- ไม่เกิดปรากฏการณ์ดูดกลืนซ้ำ
- ราคาถูกและไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม

2.1.1 สารเรืองแสงสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1. สารเรืองแสงชนิดอินทรีย์

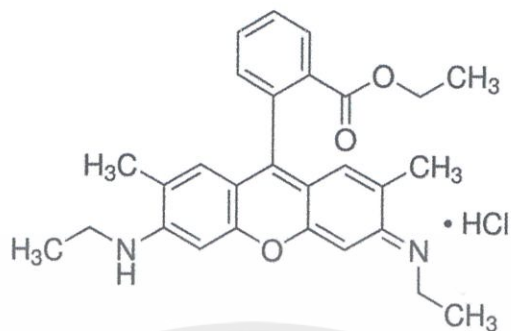
ในอุปกรณ์ LSCs เมื่อเริ่มแรกได้ใช้สารเรืองแสงในผลิตสารอนินทรีย์ คือ Nd^{3+} สารอนินทรีย์มีข้อได้เปรียบกว่าสารชนิดอื่นคือมีความทนทานต่อความร้อนสูงและในสารนี้จำพวกธาตุ rare earth จะมีการเกิดปรากฏการณ์การดูดกลืนซ้ำขึ้นน้อย นอกจากนั้นสารอนินทรีย์ยังมีความเสถียรภาพเชิงเคมีสูงแต่ข้อบกพร่องในเรื่องของประสิทธิภาพการปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนส์ได้ค่อนข้างต่ำและมีความสามารถในการดูดกลืนได้ไม่มากนักซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาเหล่านี้คือการใช้ความเข้มขึ้นของสารที่มากขึ้นแต่การแก้ปัญหาด้วยวิธีจะทำให้โอกาสการเกิดปัญหาการดูดกลืนซ้ำเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

2. สารเรืองแสงชนิดอนินทรีย์

สารอนินทรีย์มีข้อได้เปรียบกว่าสารชนิดอื่นคือ มีสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและสเปกตรัมแสงลูมิเนสเซนส์อยู่ในย่านความยาวคลื่นที่หลากหลายและมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่สูงอีกทั้งสารอนินทรีย์หลายชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดกลืนแสงลูมิเนสเซนส์สูงเข้าใกล้หนึ่งและในปัจจุบันยังได้มีการสังเคราะห์สารอนินทรีย์ชนิดใหม่ขึ้นอย่างแพร่หลายเพื่อให้มีการดูดกลืนแสงที่ครอบคลุมหลายความยาวคลื่นและปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนส์ได้สูง แต่สารอนินทรีย์มีข้อบกพร่องในแง่ของความเสถียรเชิงแสงที่ค่อนข้างต่ำนอกจากนั้นสารอนินทรีย์หลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนส์สูงจะปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนส์ที่มีความยาวคลื่นในช่วงของแสงสีเขียว-เหลือง ซึ่งจะพิจารณาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์กับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนย่านแสงดังกล่าวซึ่งจะไกลจากแถบพลังงาน E_g ของซิลิกอนอยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำ ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 Rhodamine 6G [9, 11]

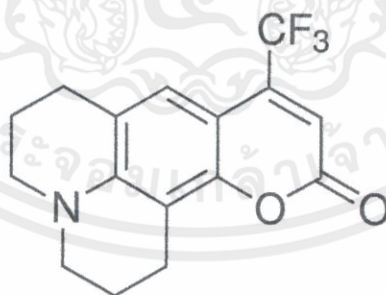


รูปที่ 2.1 โครงสร้าง Rhodamine 6G

Properties

Linear Formula	$C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$
Molecular Weight	479.01 g/mol
Density	1.26 g/cm ³
Solubility in water	20 g/l (25 °C)
Solubility in methanol	400 g/l

2.1.3 Coumarin 153 [10]



รูปที่ 2.2 โครงสร้าง Coumarin 153

Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Linear Formula	$C_{16}H_{14}F_3NO_2$
Molecular Weight	309.28 g/mol
Wavelength	419 - 425 nm

2.2 วัสดุตัวกลาง [1]

วัสดุตัวกลางในฟิล์มบางลูมิเนสเซนซ์ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเดินทางของแสงในโฟตอนที่ถูกปลดปล่อยออกมาซึ่งทำให้เกิดการเรืองแสง ซึ่งวัสดุตัวกลางที่ดีจะต้องมีลักษณะดังนี้

- 1) มีเสถียรภาพทางเคมีที่ดี
- 2) มีความโปร่งแสง
- 3) มีค่าดัชนีหักเหสูง
- 4) มีความหนาแน่นต่ำ
- 5) ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษ
- 6) มีความแข็ง ทนต่อแรงกระแทก
- 7) ความทนทานต่อสภาพการใช้งานและสภาพดิน ฟ้า อากาศ
- 8) มีราคาไม่สูงมากนัก
- 9) มีความต้านทานต่อการขีดถู

จากคุณลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น พบว่ามีสารหลายชนิดที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน ซึ่งเราได้เลือกใช้สาร Poly methyl Methacrylate (PMMA) เพราะมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในเรื่องการโปร่งแสงและมีความเหนียว ทนต่อความร้อน มีเสถียรภาพทางเคมีที่ดีเหมาะแก่การนำมาทำฟิล์มบาง

Poly methyl Methacrylate (PMMA)

โพลีเมทธีลเมทาอะครีเลต (Polymethylmethacrylate) หรือ อะคริลิก (Acrylics) มีตัวย่อว่า PMMA รู้จักกันดีในชื่อว่าการค้าว่าเพลคซิกกลาส (Plexiglass) ลูซิท์ (Lucite) โพลีกลาส (Polyglass) ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 1936

อะคริลิก ได้ถูกนำไปผสมกับพลาสติกชนิดอื่นเช่น สไตรีน (styrene) บ้าง พิวซี บ้าง เกิดเป็นพลาสติกชนิดใหม่ เช่น Methyl Methacrylate Styrene เป็นต้นอะคริลิกพลาสติกหรือโพลีเมทธีลเมทาโครเลตเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง มีชื่อทางการค้าหลายชื่อด้วยกัน เช่น Plexiglas, Lucite, Perspex เป็นต้น อะคริลิกพลาสติกเป็นพลาสติกที่ได้จากการนำโมโนเมอร์ของเมทิลเมทาโครเลต (methyl methacrylate, MMA) มาทำปฏิกิริยาการเกิดโพลีเมอร์ (polymerization) โดย 2 นักเคมี

ชาวเยอรมันคือ ฟิททิจ (Fittig) และพอล (Paul) สามารถสังเคราะห์โพลีเมทธีลเมทาโครเลตได้ตั้งแต

ปี ค.ศ. 1877 แล้ว แต่การพัฒนาวิธีผลิตให้ได้แผ่นอะคริลิกพลาสติกออกมาต้องรอถึงปี ค.ศ. 1933

เมื่ออ็อทโทโรห์ม (Otto Rohm) นักเคมีชาวเยอรมันของดลธิบริษัทวิธีผลิตแผ่นพลาสติกใสจากโพลี-

เมทิลเมทาไครเลตในชื่อทางการค้า Plexiglas หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1936 จึงมีการผลิตแผ่น Plexiglas ออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัจจุบันสามารถผลิตอะคริลิกพลาสติกได้จากปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์หลายแบบ เช่น การเกิดโพลิเมอร์แบบอิมัลชัน (emulsion polymerization) การเกิดโพลิเมอร์แบบบัลค์ (bulk polymerization) เป็นต้น การผลิตอะคริลิกพลาสติกแบบ “แผ่น” มักใช้เทคนิคการเกิดโพลิเมอร์แบบบัลค์ โดยเติมโมโนเมอร์ของเมทิลเมทาไครเลตกับตัวเร่งปฏิกิริยาลงในแม่พิมพ์ (mold) พร้อมกัน

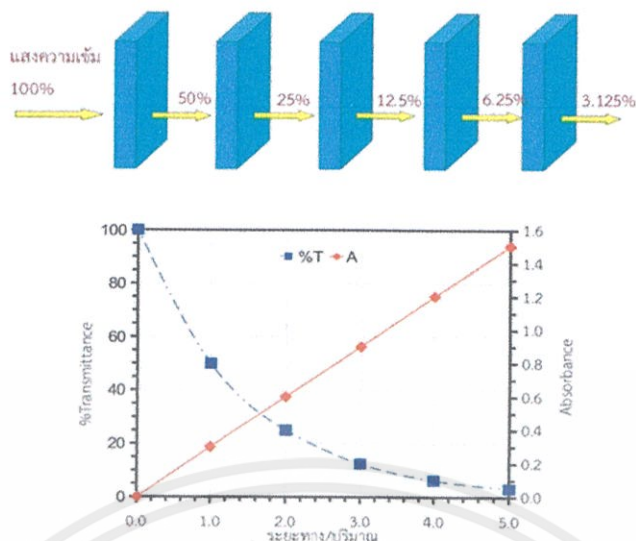
คุณสมบัติ : มีลักษณะใส ไม่มีสี สามารถให้แสงส่องผ่านได้ถึง 92% มีความแข็งแรงและทนทานต่อดิน ฟ้าอากาศได้ดีกว่า Polystyrene คงทนต่อความร้อนดีมาก ส่วนสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ทนแสงอัลตราไวโอเลตได้ดี ทนความร้อนและความเย็น เนื่องจากคุณสมบัติเด่นของ PMMA คือ ความโปร่งใส สามารถขึ้นรูปได้ง่าย และการนำไปย้อมสีได้ง่ายเมื่อต้องการใช้งานพลาสติกชนิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่าง เช่น กระจกใสบนเครื่องบิน ป้ายโฆษณา กระจกตู้ปลา วัสดุทางการแพทย์ เป็นต้น

2.3 กลไกการเรืองแสงของสารเรืองแสง

2.3.1 การดูดกลืน (absorbance)

ในการดูดกลืนคลื่นแสงนั้น ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบ แต่จะขึ้นอยู่กับระยะทางที่แสงเดินทางผ่านหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่าง กล่าวคือสมมติว่าถ้าเราให้แสงเดินทางผ่านตัวอย่างเป็นระยะทาง 1 หน่วยแล้วพบว่าแสงผ่านได้เพียง 50% (%T = 50%) ดังนั้นถ้าเราให้แสงเดินทางผ่านตัวอย่างเป็นระยะทาง 2 หน่วย แสงที่ผ่านออกมาก็จะเหลือเพียง 25% (%T = 25%) และถ้าแสงต้องเดินทางผ่านตัวอย่างเป็นระยะทาง 3 หน่วยความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาก็จะเหลือเพียง 12.5 % (%T = 12.5%) (ดูรูปที่ 2.3 (บน) ประกอบ ถ้าเปลี่ยนระยะทางเป็นความเข้มข้นก็จะให้ผลแบบเดียวกัน) ดังนั้นถ้าเราเขียนกราฟระหว่างระยะทาง/ความเข้มข้นกับ %T หรือ A ก็จะได้กราฟดังรูปที่ 2.3 (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 (บน) ตัวอย่างการลดลงของความเข้มของแสงเมื่อต้องเดินทางผ่านตัวกลาง (ล่าง) กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง/ปริมาณ กับค่า %Transmittance และ Absorbance

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง/ปริมาณกับค่าการดูดกลืน A นั้นมีความสัมพันธ์ ที่เป็นเส้นตรงที่ดีกว่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง/ปริมาณกับค่าร้อยละการส่องผ่าน (%T) ดังนั้นในการวิเคราะห์เชิงปริมาณจึงนิยมวัดการดูดกลืนในรูปของ A มากกว่า %T

ทฤษฎีที่นำมาใช้กันในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ส่องผ่านสารตัวอย่างหรือถูกสารตัวอย่างดูดกลืนและปริมาณสารตัวอย่างนั้นได้แก่กฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert's Law) ซึ่งบ่อยครั้งมักจะเรียกสั้น ๆ ว่ากฎของเบียร์ (Beer's Law)

ความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้น (absorbance and concentration)

ค่าการดูดกลืนแสงของสารมีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงปริมาณวิเคราะห์ เนื่องจากค่าการดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ดังสมการ

$$A = \epsilon cl \quad (2.1)$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของสาร (absorbance)

ϵ = เป็นสมบัติจำเพาะของสารที่ดูดกลืนและวัดที่ความยาวค่าหนึ่ง เรียกว่า molar absorptivity ($L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

ไม่ว่ากรณีค่าการดูดกลืนอีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

l = ความหนาของสารตัวอย่าง

c = ความเข้มข้นเป็น โมล/ลิตร หรือโมลาร์ (M)

ถ้าความเข้มข้นของสารอยู่ในหน่วยอื่นจะเขียนสมการเป็น

$$A = alc \quad (2.2)$$

โดยที่ a = absorptivity ซึ่งเป็นค่าคงที่ขึ้นกับชนิดของสารและความยาวคลื่น

2.3.2 การเปล่งแสง (Luminescence)

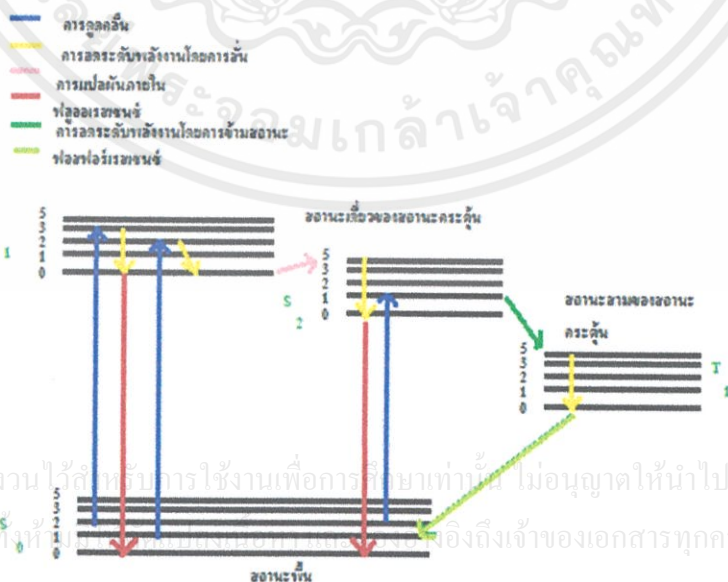
เราแบ่งการเปล่งแสง ออกเป็น 2 ประเภท คือ การวาวแสง หรือ ฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence) และ การเรืองแสง หรือ ฟอสฟอเรสเซนซ์ (phosphorescence)

1. การวาวแสง หรือ ฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence)

เมื่ออิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงมากผ่านกระบวนการลดระดับพลังงานแบบไม่เกิดแสง เช่น การลดระดับพลังงานการสั่นของโมเลกุล การแปลงผันภายใน การลดระดับพลังงานข้ามสถานะ จนกระทั่งเมื่ออิเล็กตรอนในโมเลกุลลดระดับพลังงานมาถึงระดับพลังงานการสั่นที่ต่ำสุดของสถานะเดี่ยวในสถานะกระตุ้นจะเกิดการลดระดับพลังงานไปยังสถานะพื้น ซึ่งการลดระดับพลังงานนี้จะเกิดการคายพลังงานออกมาในรูปของแสงและเรียกกระบวนการนี้ว่า ฟลูออเรสเซนซ์

2. การเรืองแสง หรือ ฟอสฟอเรสเซนซ์ (phosphorescence)

การคายพลังงานในกระบวนการนี้จะแตกต่างจากการคายพลังงานแบบ ฟลูออเรสเซนซ์ (Fluorescence) เนื่องจากฟอสฟอเรสเซนซ์เป็นการลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานการสั่นต่ำที่สุดของสถานะสามในสถานะกระตุ้น ซึ่งถ้าเป็นฟลูออเรสเซนซ์จะเป็นลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานการสั่นต่ำสุดของสถานะเดี่ยวในสถานะกระตุ้น การปลดปล่อยพลังงานแสงแบบนี้เรียกว่า ฟอสฟอเรสเซนซ์

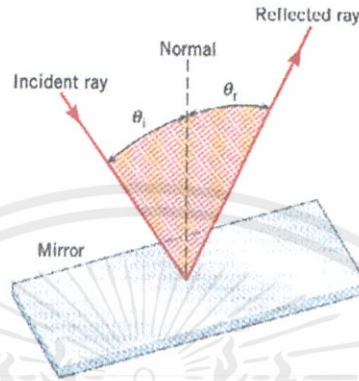


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ ไม่ขอรับผิดชอบต่อการนำเอกสารไปใช้

รูปที่ 2.4 กลไกการเปล่งแสง

การสะท้อนของแสงที่มีระเบียบ จะได้

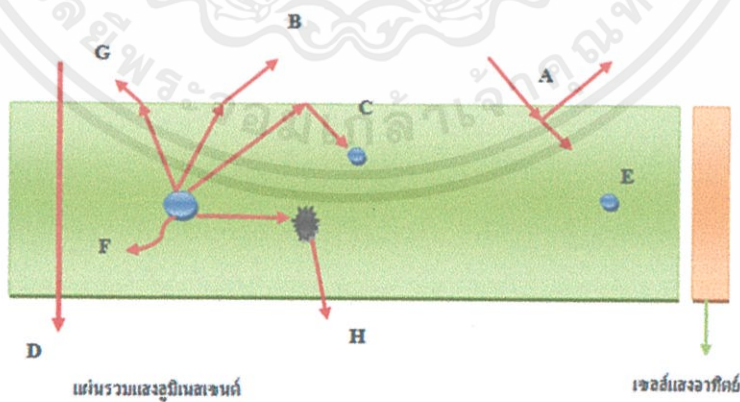
1. มุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน ($\theta_i = \theta_r$)
2. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและเส้นปกติ จะอยู่ในระนาบเดียวกัน



รูปที่ 2.6 กฎการสะท้อนของแสง (เมื่อฉายแสงลงบนผิวราบเรียบ เช่น กระจกเงา แสงที่สะท้อนออกมาจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง)

2.4 กลไกการที่ทำให้เกิดการลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์ [1]

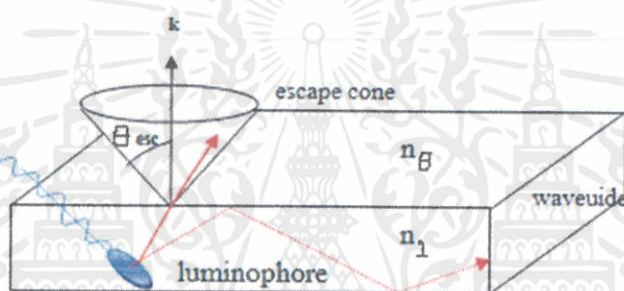
ฟิล์มบางลูมิเนสเซนซ์มีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องแต่ยังไม่ถูกผลิตเนื่องจากฟิล์มบางลูมิเนสเซนซ์ยังคงมีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากกลไกการลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์ซึ่งประกอบไปด้วยกลไกดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสาร รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมแสดงกลไกต่างๆที่ทำให้เกิดการลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์ โยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์บริเวณพื้นผิวของฟิล์มบางลูมิเนสเซนซ์ แสงที่ถูกลดทอนบริเวณพื้นผิวสามารถจำแนกได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

- แสงที่เกิดการสะท้อนกลับบริเวณผิวหน้ารับแสงของฟิล์มบาง ดังรูปที่ 2.7 (กลไก A) เกิดเนื่องจากแสงที่ตกกระทบทำมุมกับเส้นปกติโดยมุมเส้นปกติจะมากกว่ามุมวิกฤต จากงานวิจัยยังพบว่าฟิล์มบางที่เตรียมจากสารโพลีเมอร์ชนิด PMMA จะมีการลดทอนแสงอยู่ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์
- แสงที่ถูกปลดปล่อยโดยโมเลกุลของสารเรืองแสงจะหักเหออกภายนอกฟิล์มบาง กระบวนการนี้เรียกว่า Escape cone loss (กลไก B ดังรูป 2.7) ซึ่งเกิดจากสาเหตุเดียวกับกรณีแรกคือแสงที่ถูกปลดปล่อยออกมาตกกระทบที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟิล์มบางและอากาศทำมุมกับเส้นปกติโดยจะน้อยกว่ามุมวิกฤต ส่งผลให้แสงเกิดการหักเหออกจากฟิล์มจะพบว่าการลดทอนแสงอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเกิดการดูดกลืนและการปลดปล่อยแสงในแต่ละครั้ง



รูปที่ 2.8 แสดงปรากฏการณ์ Escape cone loss

2. การลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์

เนื่องจากการดูดกลืนซ้ำ การดูดกลืนซ้ำเป็นกลไกหนึ่งที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลูมิเนสเซนซ์ การดูดกลืนซ้ำจะเกิดจากการดูดกลืนแสงที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากโมเลกุลสารเรืองแสงและถูกดูดกลืนซ้ำโดยโมเลกุลของสารเรืองแสงที่อยู่ข้างเคียง (กลไก C) มีผลทำให้แสงลดลง ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการดูดกลืนซ้ำคือการซ้อนทับกันของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและสเปกตรัมแสงเมื่อสเปกตรัมทั้งสองมีการทับซ้อนกันมากขึ้น เป็นการบ่งบอกถึงโอกาสในการที่แสงลูมิเนสเซนซ์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะถูกดูดกลืนซ้ำอีกครั้งได้มาก ถ้าแสงที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะถูกดูดกลืนซ้ำอีกครั้งและแสงที่ถูกปลดปล่อยออกมายังคงมีความยาวคลื่นอยู่ในย่านที่สเปกตรัมเกิดการทับซ้อนกัน

3. ข้อจำกัดในการดูดกลืนแสงของสารเรืองแสง

สารเรืองแสงโดยทั่วไปโดยเฉพาะชนิดสารอินทรีย์จะมีย่านการดูดกลืนที่แคบในย่านโดยย่านเอกสารหนึ่งเท่านั้นดังนั้นแสงตกกระทบที่มีพลังงานน้อยกว่าพลังงานที่จะสามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนของเอกสารนั้น โมเลกุลของสารเรืองแสง ดังกลไก D ในรูป 2.7 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์เนื่องจากสารเรืองแสง

สมบัติสารเรืองแสงมีผลต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์แสงลูมิเนสเซนซ์โดยทั่วไปการลดทอนแสงมีสาเหตุอยู่ 2 ประการดังนี้

- ความเสื่อมสภาพของสารเรืองแสงนอกจากสารเรืองแสงมีข้อจำกัดในการดูดกลืนแสงที่มีพลังงานต่ำกว่าย่านที่มีการดูดกลืนของสารเรืองแสงแล้ว สำหรับสารเรืองแสงที่ดูดกลืนแสงที่มีพลังงานสูงมากก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนซ์ด้วยเช่นเดียวกัน โดยการดูดกลืนแสงที่มีมากก็จะส่งผลให้สารเรืองแสงมีประสิทธิภาพลดลงกว่าเดิม ดังกลไก E

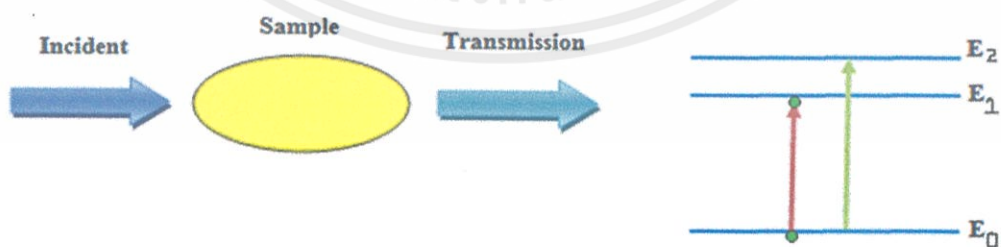
- ประสิทธิภาพในการปลดปล่อยแสงการดูดกลืนแสงลูมิเนสเซนซ์ของโมเลกุลสารเรืองแสงบางครั้งอาจไม่ได้ปลดปล่อยแสงออกมาในรูปแสงลูมิเนสเซนซ์เสมอไป การปลดปล่อยพลังงานหรือการลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในโมเลกุลของสารเรืองแสงนั้นอาจเกิดขึ้นได้ด้วยการปลดปล่อยพลังงานในรูปแบบความร้อนดังในกลไก F ทั้งนี้ประสิทธิภาพทางการปลดปล่อยแสงของแสงของสารเรืองแสงขึ้นอยู่กับค่า Φ_F ของแต่ละชนิด

5. การลดทอนแสงลูมิเนสเซนซ์เนื่องจากตัวกลางทางเดินของแสง

ตัวกลางทางเดินแสงสามารถทำให้เกิดการลดทอนแสงได้ 3 รูปแบบคือ การลดทอนเนื่องจากแสงตกกระทบหรือแสงที่ถูกปลดปล่อยออกมาอาจจะถูกดูดกลืนโดยสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางทางเดินแสงเองได้ รูปแบบที่สองคือ การลดทอนเนื่องจากความไม่เรียบของผิวหน้าของตัวกลางเดินแสงจึงทำให้เกิดการหักเหออกไปภายนอกฟิล์มได้แทนที่จะสะท้อนกลับหมด

2.5 กลไกการดูดกลืนแสง [1]

กลไกการดูดกลืนแสง คือ กระบวนการพลังงานแสงที่ถูกถ่ายเทไปยังโมเลกุลที่อยู่ในตัวกลาง การดูดกลืนแสงสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะโดยการดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับสารแต่ละชนิดที่แสงทำปฏิกิริยาด้วย



รูปที่ 2.9 กลไกการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเชิงวิชาการเท่านั้น มิอนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การดูดกลืนแสงหรือพลังงานที่ทำให้อนุภาคเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไป

ยังสถานะระดับพลังงานที่สูงกว่า (สถานะกระตุ้น) เรียกกระบวนการนี้ว่าการทรานซิชัน

- การเปลี่ยนระดับพลังงานของอนุภาคนี้อาจจะต้องอาศัยพลังงานที่มีค่าเท่ากับหรือมีค่ามากกว่าผลต่างระหว่างระดับพลังงานนี้ ซึ่งค่าความถี่หรือพลังงานจะมีค่าน้อยสุดของโฟตอนที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอนุภาคที่เท่ากัน

$$E_1 - E_0 = hv \quad (2.4)$$

2.5.1 กฎการดูดกลืนแสง

1. กฎของเบียร์ (Beer's Law)

"สำหรับรังสีที่เป็นรังสีชนิดลำแสงขนาน (parallel beam) และความยาวคลื่นเดียว (monochromatic radiation) ที่ผ่านตัวอย่างที่เป็นสารละลายเนื้อเดียว (homogeneous solution) ที่มีระยะทางที่แสงส่องผ่านตัวอย่าง (pathlength) เท่ากัน ค่าแอมซอร์แบนซ์จะแปรผันตรงกับความสัมพันธ์ของสารละลาย"

$$A \propto c \quad (2.5)$$

เมื่อ c = ความเข้มข้นของตัวอย่าง (gL^{-1})

2. กฎของแลมเบิร์ต (Lambert's Law)

"สำหรับรังสีที่เป็นรังสีชนิดลำแสงขนาน (parallel beam) และความยาวคลื่นเดียว (monochromatic radiation) ที่ผ่านตัวอย่างที่เป็นสารละลายเนื้อเดียว (homogeneous solution) ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน ค่าแอมซอร์แบนซ์จะแปรผันตรงกับระยะทางที่แสงส่องผ่านตัวอย่าง (pathlength)"

$$A \propto l \quad (2.6)$$

เมื่อ l = ความหนาของเซลล์ หรือระยะที่แสงส่องผ่านตัวอย่าง (Pathlength) (cm)

3. กฎการดูดกลืนแสงเบียร์แลมเบิร์ต (Beer - Lambert Law or Law of Light Absorption) เป็นการรวมกฎของเบียร์และของแลมเบิร์ตเข้าด้วยกัน

"สำหรับรังสีที่เป็นรังสีชนิดลำแสงขนาน (parallel beam) และความยาวคลื่นเดียว (monochromatic radiation) ที่ผ่านตัวอย่างที่เป็นสารละลายเนื้อเดียว (homogeneous solution) ค่าแอมซอร์แบนซ์จะแปรผันตรงกับความสัมพันธ์ของตัวอย่าง (concentration) และระยะทางที่แสงส่องผ่านตัวอย่าง (pathlength)"

$$A = alc \quad (2.7)$$

เมื่อ a = สภาพการดูดกลืน ($Lg^{-1} cm^{-1}$)

ถ้าความเข้มข้นของตัวอย่างเป็นโมลาริตี (molarity; $molL^{-1}$) เราเรียกสภาพการดูดกลืนว่าค่าคงที่ของการดูดกลืนแสง (molar absorptivity, ϵ) ของสารละลาย ซึ่งเป็นค่าจำเพาะของระบบเอกสารการดูดกลืนหรือเป็นหมู่โครโมฟอร์ (chromophore) ที่ใช้ในการระบุโครงสร้างของสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องยกย่องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = -\log T = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon lc \quad (2.8)$$

เมื่อ c = ความเข้มข้นเป็นโมลาร์ ($mol.L^{-1}$) ของตัวอย่าง

ϵ = ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสงของสารละลายเข้มข้น 1 molL^{-1} (molar absorptivity หรือ molar extinction coefficient ซึ่งมีหน่วยเป็น $\text{Lcm}^{-1}\text{mol}^{-1}$)

2.5.2 ความส่องผ่าน (Transmittance)

ความส่องผ่านของแสง (T) คือสัดส่วนของความเข้มของแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่างกับความเข้มของแสงที่ผ่านออกมา

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.9)$$

เมื่อ T = ความส่องผ่าน (transmittance)

I = ความเข้มของแสงที่ผ่านเข้าไป (intensity of transmitted light)

I_0 = ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมา (intensity of incident light)

ร้อยละของความส่องผ่าน (%T) ของตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%T = 100 \times \frac{I}{I_0} \quad (2.10)$$

2.6 หลักการทำงานของแผ่นรวมแสง



รูปที่ 2.10 แผ่นรวมแสงลูมิเนสเซนส์

แผ่นรวมแสงลูมิเนสเซนส์ (Luminescent solar concentrators หรือ LSCs) ถูกนำมาใช้ในปี 1970 ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ สิ่งประดิษฐ์ LSCs ได้รับความสนใจอย่างมาก เพราะสามารถรวมแสงอาทิตย์ได้โดยไม่ต้องมีการติดตั้งระบบติดตามแสง สิ่งประดิษฐ์นี้ยังสามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นและความยาวคลื่นสูงได้ ซึ่งแผ่นรวมแสงลูมิเนสเซนส์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้หลายวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับสี คุณภาพของแสงที่ฟิล์มสะท้อนออกมา และอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า และประสิทธิภาพจะสูงขึ้น หากฟิล์มสามารถรวมแสงได้มากขึ้น

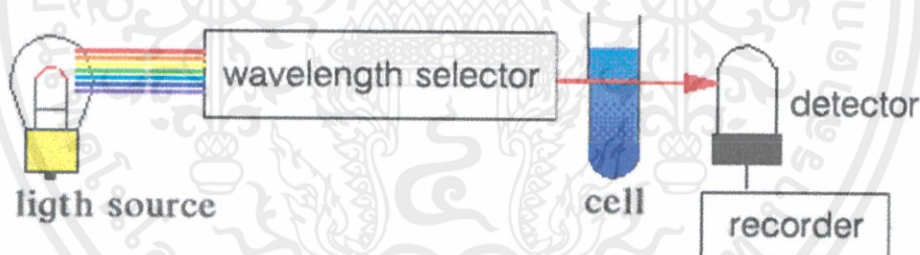
2.7 สเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) [6]

2.7.1 ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer components)

เครื่องมือที่วัดการดูดกลืนแสงของสารในช่วงความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ต และช่วงคลื่นแสงที่มองเห็นได้ เรียกว่า ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ในที่นี้จะอธิบายส่วนประกอบและการทำงานภายในเครื่องมือ ส่วนประกอบหลักของเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ มีอยู่ 5 ส่วน ด้วยกันดังนี้คือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ส่วนเลือกความยาวคลื่น (wavelength selector)
3. ภาชนะใส่สาร (cell หรือ cuvette)
4. ตัวตรวจจับสัญญาณ (detector)
5. ส่วนบันทึกและแปรรูปสัญญาณ (recorder and processor)

โดยมีการจัดเรียงส่วนประกอบทั้งหมด ดังรูป



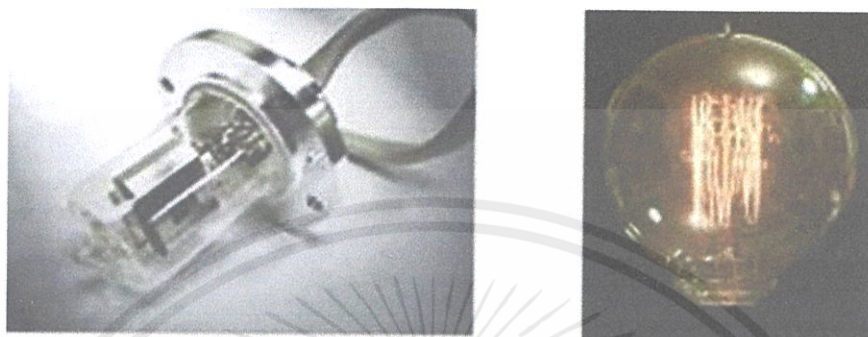
รูปที่ 2.11 แผนภาพเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์อย่างง่าย

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)

แหล่งกำเนิดแสงในเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์จะต้องให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอด้วย

สำหรับความยาวคลื่นในช่วงอัลตราไวโอเล็ตจะใช้หลอดดิวเทอเรียม (deuterium lamp) เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งให้แสงในช่วง 185-375 nm หลักการคือทำให้อะตอมดิวเทอเรียมที่อยู่ในสภาวะไม่ว่องไวโดยทั่วไปถูกกระตุ้นให้ปล่อยพลังงานออกมา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่ทำการนำไม่ใช้เราค้าพลังงานออกมา ส่วนหลอดทั้งสแตน (tungsten filament lamp) จะให้ความยาวคลื่นครอบคลุมช่วงแสงที่มองเห็นได้ คือตั้งแต่ 320-2500 nm หลักการจะคล้ายกับหลอดไฟทั้งสแตน

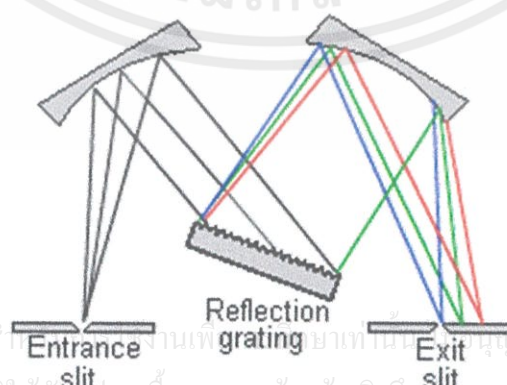
ธรรมดา คือ ให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปจนกระทั่งหลอดทั้งสแตนร้อนและเปล่งรังสีออกมา โดยปกติจะเปิดเครื่องทิ้งไว้ก่อนใช้งานประมาณ 30 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าหลอดดีฟิวเทอเรียมหรือหลอดทั้งสแตนให้แสงที่มีความเข้มสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.12 หลอดดีฟิวเทอเรียม (ซ้าย) และหลอดทั้งสแตน (ขวา)

2. ส่วนเลือกความยาวคลื่น (wavelength selector)

เป็นส่วนที่ใช้แยกความยาวคลื่นที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งเป็นแสงที่มีหลายๆ ความยาวคลื่น (polychromatic wavelength) ให้เป็นแถบแสงในช่วงแคบๆ หรือ เป็นความยาวคลื่นเดียว (monochromatic wavelength) เครื่องมือสมัยก่อนจะใช้ปริซึมหรือฟิลเตอร์สำหรับแยกความยาวคลื่น แต่ปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้โมโนโครเมเตอร์ (monochromator) แบบเกรตติง (grating) สะท้อนแสงซึ่งมีลักษณะเป็นร่องเล็กๆ ขนานกันจำนวนมาก แสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะตกกระทบบนผิวหน้าของร่อง แล้วสะท้อนออกมาที่มุมต่างๆ เฉพาะความยาวคลื่นที่เราเลือกเท่านั้นจึงจะผ่าน ช่องแสงออก (exit slit) ไปสู่สารตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานที่เฉพาะทางเท่านั้น ไม่สามารถนำออกไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 เกรตติงใช้แยกความยาวคลื่นที่ต้องการ

3. ภาชนะใส่สารตัวอย่าง (cell หรือ cuvette)

ภาชนะใส่สารตัวอย่างสำหรับสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะเรียกว่า เซลล์หรือคิวเวทท์ (cuvette) มีหลายแบบหลายขนาดด้วยกันขึ้นกับการใช้งาน หลักสำคัญในการเลือกใช้ก็คือ การวัดในช่วงแสงอัลตราไวโอเลต ต้องใช้เซลล์ที่ทำจากควอตซ์ (quartz) เท่านั้น เนื่องจากแก้วสามารถดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตได้ ส่วนเซลล์ที่ทำจากแก้วจะใช้วัดในช่วงแสงที่มองเห็นได้ นั่นหมายความว่าถ้าเราต้องการวัดสารในช่วงแสงที่มองเห็นได้ก็ควรจะใช้เซลล์ที่ทำจากแก้ว การใช้เซลล์ควอตซ์ไม่ได้มีผลให้การวัดแสงดีขึ้น แต่จะสิ้นเปลืองเปล่าประโยชน์เพราะควอตซ์ราคาแพงกว่าแก้วมาก



รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง cuvettes แบบต่างๆ

นอกจากนี้การวิเคราะห์โดยใช้ spectrophotometric detection ถ้างานวิเคราะห์นั้นมีความไว (sensitivity) ต่ำ เราสามารถเพิ่มความไวให้สูงขึ้นได้ง่ายๆ โดยใช้เซลล์ที่มีความกว้างมากขึ้น เพราะจากกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต ค่าการดูดกลืนแสงของสารยังขึ้นกับความหนาของตัวกลางที่แสงเดินทางผ่าน (l) ดังสมการ $A = \epsilon cl$ ซึ่งเซลล์ที่ใช้ในงานทั่วไปมีความกว้างตั้งแต่ 1-10 cm หรือถ้าสารมีราคาแพงและปริมาณน้อย ก็มีเซลล์ขนาดเล็กที่ปริมาตรต่ำกว่า 1 mL

ส่วนการทำความสะอาดเซลล์เพียงแค่อั้วด้วยน้ำกลั่นหรืออั้วด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมตามด้วยน้ำกลั่นก็เพียงพอ ห้ามขัดถูเพราะจะทำให้เซลล์มีรอยขีดข่วน

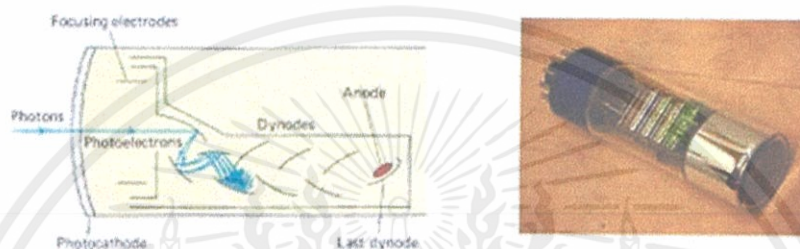
4. ตัวตรวจจับสัญญาณ (detector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการพิจารณาของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ จะถือว่าผิดกฎหมาย

เครื่องตรวจจับสัญญาณที่ดีต้องมีสภาพไวสูง คือแม้ปริมาณแสงจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ก็ยังสามารถตรวจจับสัญญาณความแตกต่างได้ ปัจจุบันเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ส่วนใหญ่ นิยมใช้ตัวตรวจจับสัญญาณ 2 ชนิดคือ

4.1 หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (photomultiplier tube; PMT)

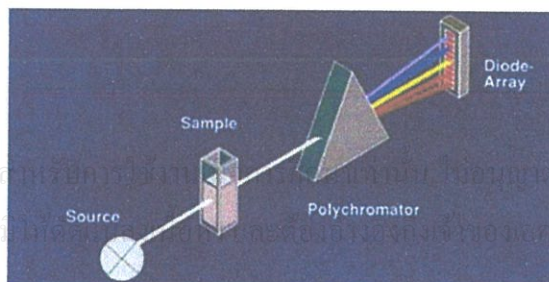
หลอด PMT ประกอบไปด้วยแคโทด (cathode) ที่ฉาบผิวด้วยสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนได้ เมื่อถูกแสงจำนวน 9 ชุด เรียกว่า ไดโนด (dynode) แต่ละไดโนดจะมีศักย์ไฟฟ้าสูงชันเรื่อยๆ เมื่อแสงตกกระทบกับไดโนดตัวที่หนึ่งสารที่ฉาบผิวจะเกิดอิเล็กตรอนขึ้น แล้ววิ่งไปกระทบไดโนดที่สอง สาม สี่ จนครบทั้งเก้าตัว ดังนั้นปริมาณอิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นถึง 10^6 - 10^7 เท่า แล้วจึงชนแอโนดให้กระแสไฟฟ้าออกมาเข้าเครื่องขยายสัญญาณต่อไป



รูปที่ 2.15 (ซ้าย) ภาพตัดขวางของหลอด PMT (ขวา) ลักษณะหลอด PMT ในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

4.2 โฟโตไดโอดอาร์เรย์ (photodiode arrays; PDA)

ตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้สามารถจับสัญญาณได้ครอบคลุมทั้งสเปกตรัมโดยใช้ไดโอดนี้ มาเรียงต่อกันเป็นแถว ซึ่งสามารถวัดครอบคลุมสเปกตรัมได้ตั้งแต่ 200-1100 nm ตัวตรวจจับสัญญาณนี้ประกอบไปด้วยโฟโตไดโอดและตัวเก็บประจุ (capacitor) ประมาณ 200- 4000 ตัวเรียงต่อกันเป็นแถว หลักการเริ่มต้นด้วยการให้ประจุผ่านผิวหน้าไดโอด ซึ่งไดโอดก็จะเก็บประจุไว้ที่ตัวเก็บประจุ เมื่อแสงตกลงบนไดโอดจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าไปทำลายประจุที่เก็บไว้ที่ตัวเก็บประจุ ทำให้ต้องใส่ประจุเพิ่มเข้าไปใหม่ซึ่งเป็นช่วงของการสแกนแต่ละครั้งนั่นเอง ปริมาณของประจุที่ต้องใส่เข้าไปใหม่จะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความเข้มแสงที่วัดได้ของแต่ละไดโอด ดังนั้นจากการวัดปริมาณแสงที่แตกต่างกันตลอดช่วงความยาวคลื่นจะได้เป็นสเปกตรัมการดูดกลืนของสารนั้นออกมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ขออนุญาตจากศูนย์บริการข้อมูลสารสนเทศทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ

5. ส่วนบันทึกและแปรผลสัญญาณ (recorder and processor)

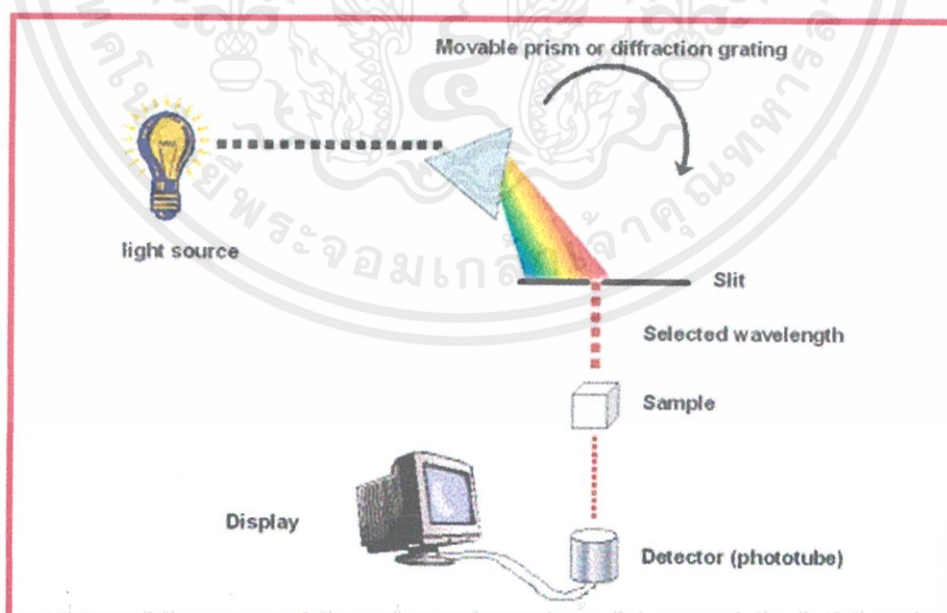
ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ และแปรผลสัญญาณให้ออกมาในมาตราส่วนแบบล็อก (log scale)

2.7.2 รูปแบบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (types of Spectrophotometer)

1. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงเดี่ยว (single beam spectrophotometer)

หลักการของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงเดี่ยวนั้น เมื่อแสงออกจากแหล่งกำเนิดแสงแล้ว จะผ่านโมโนโครเมเตอร์ที่เป็นเกรตติง และสารตัวอย่างตามลำดับ แล้วจึงเข้าสู่ตัวตรวจจับสัญญาณ ตลอดเส้นทางของลำแสงนี้มีลำแสงเดี่ยว จึงเรียก สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ประเภทนี้ว่าแบบลำแสงเดี่ยว เนื่องจากสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ประเภทนี้ใช้ลำแสงเพียงลำเดียวผ่านจากโมโนโครเมเตอร์ไปสู่สารละลายที่ต้องการวัดและเข้าสู่ตัวตรวจจับสัญญาณเลย ดังนั้นการวัดจึงต้องวัด 2 ครั้งดังนี้

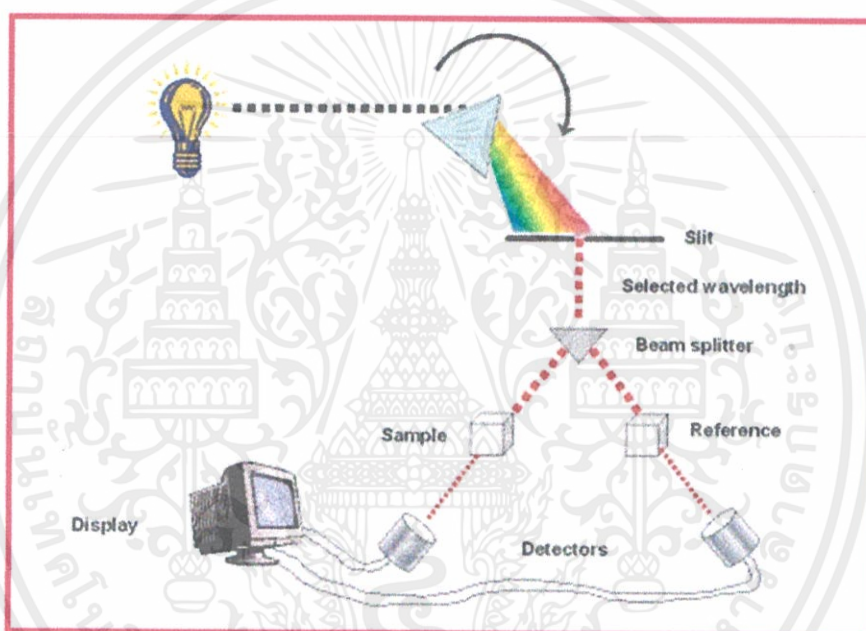
- ครั้งแรกเซลล์บรรจุแบบลังก์ (blank) ซึ่งเป็นตัวทำละลายของตัวอย่างที่เราต้องการวัด เมื่อลำแสงผ่านเซลล์ ปรับเครื่องให้อยู่ในตำแหน่ง “ศูนย์” (set zero)
- ส่วนครั้งหลังบรรจุสารละลายที่ต้องการวัด (sample) แล้วจึงให้ลำแสงผ่านเซลล์ ความแตกต่างระหว่างการดูดกลืนแสงของทั้ง 2 ครั้งจะปรากฏบนหน้าปัดมิเตอร์จากนั้นก็สามารวัดตัวอย่างที่ความเข้มข้นอื่นๆ ต่อไปได้เลย โดยไม่ต้องกลับไปวัดแบบลังก์อีก
- การเปลี่ยนความยาวคลื่น จะต้องวัดแบบลังก์ใหม่ทุกครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 2.17 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงเดี่ยวทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงคู่ (double beam spectrophotometer)

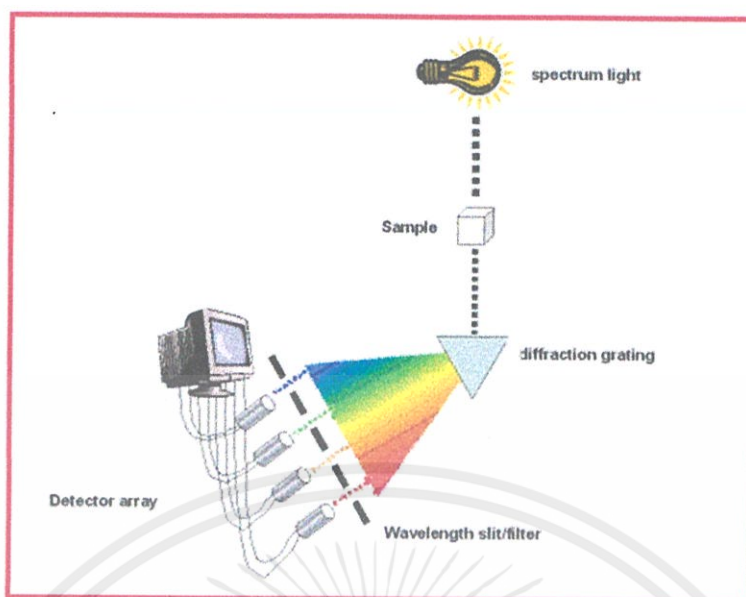
สำหรับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงคู่ เมื่อลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสงออกจากช่องแสงออก (exit slit) แล้ว ลำแสงจะไปสู่อุปกรณ์ตัดลำแสง (beam chopper) ซึ่งจะทำหน้าที่สะท้อนลำแสงไปผ่านสารตัวอย่าง (sample) ในขณะที่ต่อมาจะสะท้อนลำแสงไปผ่านสารอ้างอิง (reference) ซึ่งก็คือแบล็กกันเองโดยที่ลำแสงทั้งสองจะมีความเข้มแสงเท่ากันก่อนที่จะผ่านสารตัวอย่างหรือสารอ้างอิง เมื่อลำแสงทั้งสองนี้ไปตกกระทบบนตัวตรวจจับสัญญาณ ความแตกต่างของความเข้มแสงหลังจากผ่านสารตัวอย่างหรือสารอ้างอิงจะกลายเป็นค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง



รูปที่ 2.18 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบลำแสงคู่

3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ (spectrophotometer แบบ diode array detector)

Diode array detector เป็นการตรวจจับสัญญาณ โดยวัดการดูดกลืนของแสง เช่นเดียวกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทั่วไป เพียงแต่การเก็บข้อมูลมิใช่การเก็บเพียง 1 หรือ 2 ความยาวคลื่นเท่านั้น แต่สามารถเก็บข้อมูลได้เป็นช่วงของความยาวคลื่น ที่ผู้วิเคราะห์สามารถเลือกได้ โดยใช้เวลาเพียงนิดเดียว เนื่องจากสามารถวัดทุก ความยาวคลื่นได้ในเวลาเดียวกัน เหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลที่เป็นสเปกตรัม หรือต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนของสารที่หลายความยาวคลื่น



รูปที่ 2.19 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีไดโอดอาร์เรย์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ

2.8 สมบัติพื้นฐานของอนุภาคนาโน

2.8.1 อนุภาคนาโนทอง [5]

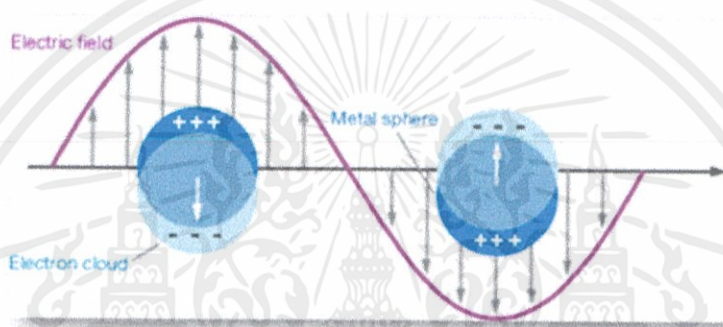
อนุภาคนาโนทอง เป็นอนุภาคทองที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากโลหะทองให้มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร ทำให้อนุภาคนาโนทองมี สมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างไปจากทองปกติเช่น มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง ช่วยในการเร่งปฏิกิริยาเคมีนำไฟฟ้าได้ดีและมีสีที่เปลี่ยนตามขนาดของอนุภาค จากข้อดีต่างๆ ของอนุภาคนาโนทอง ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อวิเคราะห์หาสารที่สนใจ

2.8.2 สมบัติของอนุภาคนาโนทองคำ [3]

สมบัติทางแสงซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัวของโลหะและโลหะออกไซด์ โดยเฉพาะโลหะ เช่น ทองคำจะแสดงสมบัติทางแสงอย่างเด่นชัด อธิบายด้วยปรากฏการณ์เซอร์เฟจ พลาสมอน เรโซแนนซ์ (surface plasmon resonance, SPR) ซึ่งเป็นคลื่นความหนาแน่นของประจุที่เกิดจากการสั่นของอิเล็กตรอนอิสระ ที่มีลักษณะการสั่นพร้อมเพรียงกัน เป็นปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นบริเวณรอยผิวต่อของโลหะกับสารไดอิเล็กทริก เช่น ระหว่างทองคำหรือกับอากาศหรือสารละลาย โดยที่ขนาด ยอดคลื่นเอกสาร์เป็นเอกสาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าและความกว้าง ของสเปกตรัมพลาสมอนเรโซแนนซ์ของวัสดุต่างๆ จะขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง ประเภทไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาไปใช้ของวัสดุ และสภาพแวดล้อมรอบๆ วัสดุนั้น อนุภาคนาโนของทองคำจะมีสีแดงแทนที่จะเป็นสีเหลืองวาวอย่างที่พบได้ทั่วไป โลหะชนิดอื่นที่นอกเหนือไปจากทองคำก็สามารถแสดงปรากฏการณ์เชิงแสงใน

ลักษณะเดียวกันนี้ได้เช่นกัน เช่น อนุภาคนาโนของเงิน จะมีสีเหลืองเข้ม แทนที่จะเป็นสีเงินวาวที่เราคุ้นเคย อย่างไรก็ตามโลหะส่วนใหญ่จะมีความถี่เรโซแนนต์อยู่ในช่วงใกล้รังสียูวีซึ่งอยู่นอกสเปกตรัมของช่วงแสงที่มองเห็น นอกจากนี้อนุภาคนาโนของโลหะเกือบทุกชนิดไม่สามารถคงตัวอยู่ในรูปอนุภาคนาโนได้นานในสภาวะแวดล้อมตามปกติทำให้เราไม่ค่อยพบปรากฏการณ์นี้ในโลหะชนิดอื่นๆ

เซอร์เฟซ พลาสมอน เรโซแนนซ์ หรือสมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนของโลหะเช่นทองคำสามารถเกิดขึ้นเนื่องจากอันตรกิริยาของแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น แสงกับอิเล็กตรอนอิสระที่ผิวของอนุภาคนาโนของโลหะ ดังรูปที่ 2.20

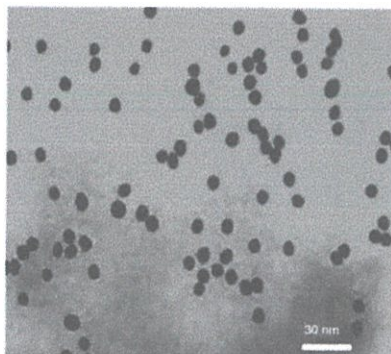


รูปที่ 2.20 กระบวนการสั่นของพลาสมอน (plasmon oscillation) สำหรับอนุภาคทรงกลม

รูปที่ 2.20 แสดงกระบวนการสั่นของพลาสมอน แสดงให้เห็นการกระจัดของกลุ่มประจุอิเล็กตรอน (conduction electron charge cloud) สัมพันธ์กับนิวเคลียสเมื่อได้รับแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนอิสระจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการสั่นพ้อง โดยความถี่ของการสั่นนี้ขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอน (electron density) มวลสัมพัทธ์อิเล็กตรอน (effective electron mass) ขนาด รูปร่างของการกระจายของประจุ (charge distribution) สำหรับการสั่นของอิเล็กตรอนสำหรับอนุภาคนาโนขนาดเล็ก เรียกว่า ไดโพล พลาสมอน เรโซแนนซ์ (dipole plasmon resonance) ซึ่งจะแตกต่างจาก พลาสมอน เอกซ์ไซเตชัน (plasmon excitation) ของโลหะแบบก้อน (bulk metal)

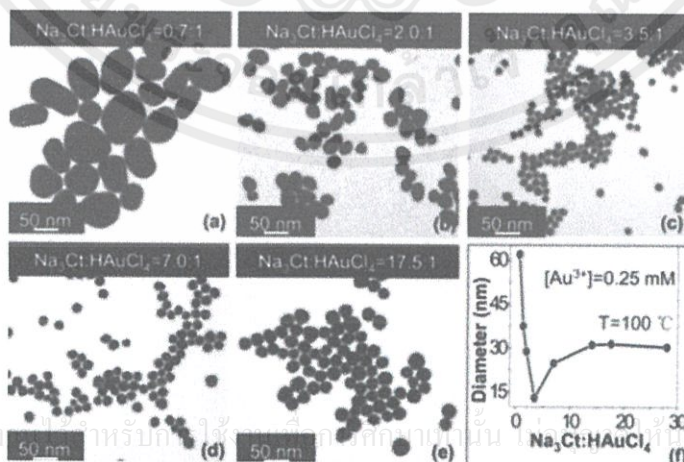
2.8.3 การตรวจสอบคุณลักษณะของอนุภาคนาโนทอง [5]

เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดระดับนาโนเมตรไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscopes) ที่มีกำลังขยายสูง เช่น กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope; TEM) รูปที่ 2.21 แสดงอนุภาคนาโนทองขนาดเฉลี่ย 6 นาโนเมตร ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่านกำลังขยาย 200 kV



รูปที่ 2.21 TEM image of gold colloid

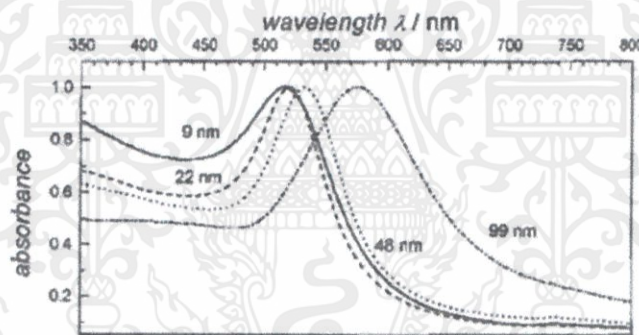
นอกจากนี้การสังเคราะห์อนุภาคนาโนทองโดยอาศัยปฏิกิริยารีดักชันพบว่าสามารถควบคุมขนาดของอนุภาคได้โดยปัจจัยต่างๆ เช่น ความเข้มข้นของสารละลาย chlorauric acid ชนิดและความเข้มข้นของตัวรีดิวซ์ อุณหภูมิ และสารลดแรงตึงผิว เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การสังเคราะห์อนุภาคนาโนทองให้มีขนาดต่างๆ โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตัวรีดิวซ์คือ trisodium citrate โดยใช้สารละลาย chlorauric acid ที่มีความเข้มข้นคงที่ ผลการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของ trisodium citrate เพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดของอนุภาคนาโนทองเล็กลง เพราะเมื่อความเข้มข้นของ trisodium citrate เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันได้เร็วและสมบูรณ์ จึงได้อนุภาคที่มีขนาดเล็ก 10 ในทางตรงกันข้ามเมื่อความเข้มข้นของ trisodium citrate ลดลงอัตราการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยานาน ทำให้อะตอมทองที่เกิดขึ้นรวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่ขึ้นขนาดอนุภาคนาโนทองที่ได้จึงมีขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 2.22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

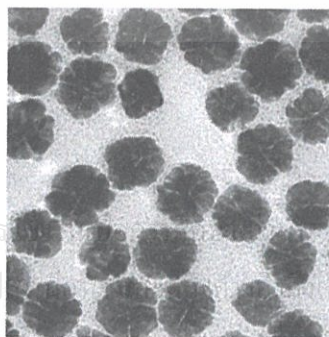
รูปที่ 2.22 TEM images and the average sizes of gold nanoparticles synthesized for various citrate concentration

การตรวจสอบคุณลักษณะของอนุภาคนาโนทอง นอกจากจะใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่านแล้ว ยังสามารถตรวจสอบคุณลักษณะของอนุภาคนาโนทองได้ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ทองคำเมื่ออยู่ในรูปก้อนขนาดใหญ่จะมีสีเหลือง เนื่องจากทองคำดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน ทำให้เราเห็นทองคำเป็นสีเหลือง แต่ถ้าทองคำทำให้มีขนาดเล็กลงไปเรื่อยๆ จนมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าความยาวคลื่นแสงที่มากกระทบมากๆ ทำให้อนุภาคนาโนทองเปลี่ยนความยาวคลื่นที่ดูดกลืนไปเป็นดูดกลืนแสงสีเขียวที่ความยาวคลื่นประมาณ 500 นาโนเมตร ทำให้เห็นอนุภาคนาโนทองเป็นสีแดง ความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงขึ้นกับขนาดของอนุภาคนาโนทอง ทั้งนี้เพราะอนุภาคนาโนทองขนาดต่างกันจะให้สีที่ต่างกัน อนุภาคนาโนทองขนาดเล็กจะดูดกลืนความยาวคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นสั้น ทำให้เห็นอนุภาคนาโนทองเป็นสีแดงเข้ม แต่เมื่ออนุภาคนาโนทองมีขนาดใหญ่ขึ้น อนุภาคนาโนทองจะดูดกลืนความยาวคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นยาวขึ้น สีที่เห็นจึงเปลี่ยนเป็นสีม่วงและน้ำเงินตามขนาดของอนุภาคนาโนทองที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 Influence of the gold nanoparticles size on the absorbance response

2.8.4 Porous Single-Crystalline Palladium Nanocrystals [7]



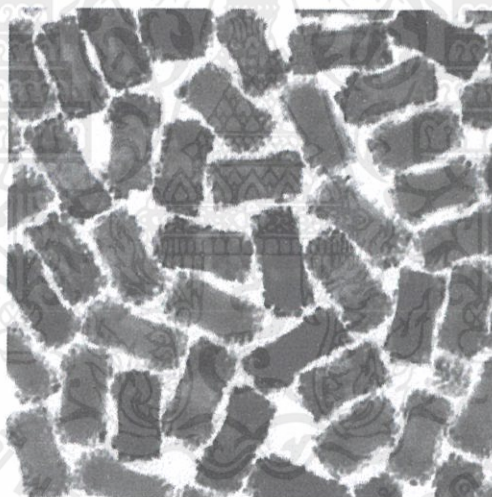
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ... อนุภาคนาโนทองคำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก... ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 Porous Single-Crystalline Palladium Nanocrystals

ตารางที่ 2.1 Porous Single-Crystalline Palladium Nanocrystals

	Pd-PNC-50
Diameter*(nm)	50±5
Porous structure(Pd) size*(nm)	3~7
Volume(mL)	10
Mass conc.*(ug/mL)	50
Mass ratio*	0.005%
Price(USD)	250

2.8.5 Platinum, Palladium Coated Gold Nanorods [8]



รูปที่ 2.25 Platinum, Palladium Coated Gold Nanorods

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

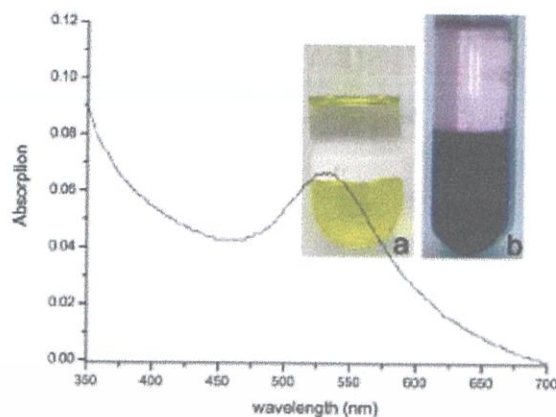
ตารางที่ 2.2 Platinum, Palladium Coated Gold Nanorods

	Pd-NR- 50	Pd-NR- 250	Pt-NR- 50	Pt-NR- 250
Diameter*(nm)	40±3	40±3	40±3	40±3
Length*(nm)	96±6	96±6	96±6	96±6
Aspect Ratio*	2.4	2.4	2.4	2.4
Coated particle(Pt/Pd) size*(nm)	3	3	3	3
Volume(mL)	10	10	10	10
Mass conc.*(ug/mL)	50	250	50	250
Mass ratio*	0.005%	0.025%	0.005%	0.025%
Price(USD)	250	650	250	650

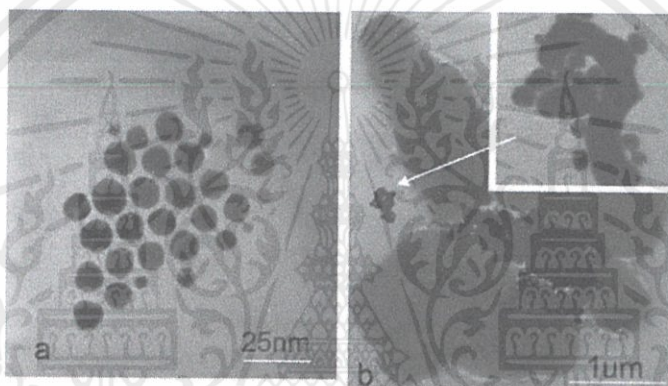
2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2005 Zhu และคณะ ได้ศึกษาการเตรียมอนุภาคนาโนทองคำโดยวิธีการรีดักชันทางเคมีของสารละลายทองคำ (gold chloride, HAuCl_4) กับ ไตรโซเดียมซิเตรท (trisodiumcitrate, $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ และใช้ Li- α -dipalmitoylphosphatidylcholine (DPPC) เป็นสแตบิไลเซอร์ จากการทดลองพบว่า สมบัติทางแสงซึ่งถูกตรวจสอบด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิล สเปกโตรสโกปี แสดงการดูดกลืนสูงสุดที่ 527 นาโนเมตร ดังรูปที่ 2.26 ยืนยันได้ว่าเป็นแถบการดูดกลืนของอนุภาคนาโนทองคำ อนุภาคนาโนทองคำที่เตรียมได้มีขนาด 10 นาโนเมตร องค์กรประกอบทางเคมีถูกตรวจสอบด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโทรสโกปี ยืนยันว่าพบพลังงานยึดเหนี่ยวของทองคำ นอกจากนี้เทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี ยืนยันว่าอนุภาคนาโนทองคำถูกจับด้วย phospholipids ของ Li- α -DPPC จึงทำให้อนุภาคนาโนทองคำไม่สามารถจับกันเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นได้ ดังรูปที่ 2.27 - 2.28 [2]

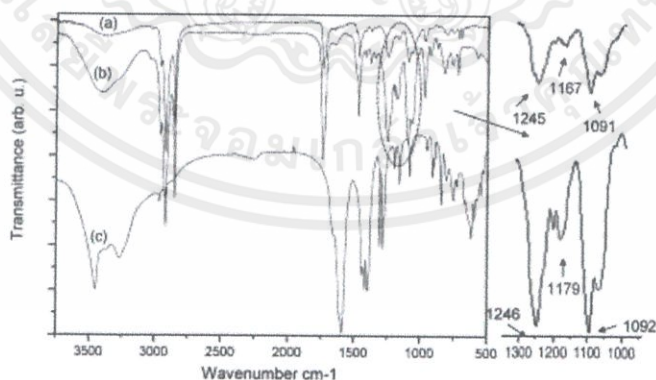
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 สเปกตรัมการดูดกลืนของฟอสโฟไลปิดที่ยึดจับกับทองคำ

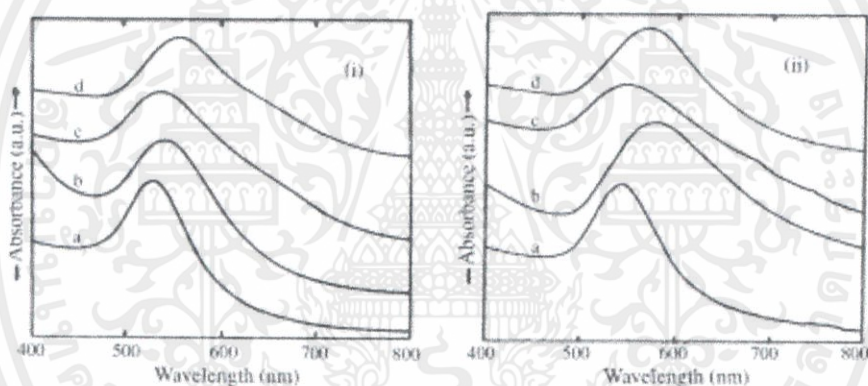


รูปที่ 2.27 ภาพถ่าย TEM (a) ของอนุภาคนาโนทองคำที่ยึดจับกับฟอสโฟไลปิด (b) อนุภาคนาโนทองคำที่ไม่มีฟอสโฟไลปิด

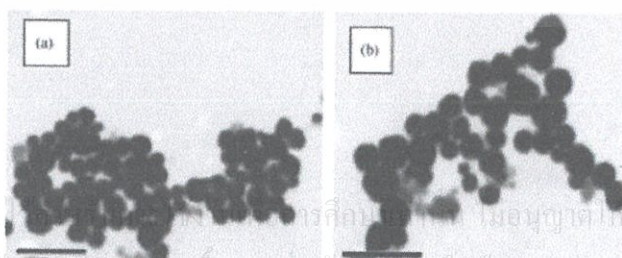


รูปที่ 2.28 ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ (a) ฟอสโฟไลปิดที่ยึดจับกับทองคำ
เอกสา (b) โมเลกุลของ DPPC (c) โซเดียมซัลเฟตโมเลกุล
เอกสา (b) โมเลกุลของ DPPC (c) โซเดียมซัลเฟตโมเลกุล
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 2005 Khanna และคณะ ได้ศึกษาการเตรียมอนุภาคนาโนทองคำด้วยวิธีการรีดักชันทางเคมีของสารไฮโดรเจนเตตระคลอโรอูเรต กับ ตัวรีดิวซ์ 2 ชนิด คือ hydrazine hydrate (HH) and sodium formaldehyde sulfoxylate (SFS) และใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์เป็นสแตบิลไลเซอร์ จากการทดลองพบว่า สมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนทองคำ แสดงการดูดกลืนสูงสุดที่ 520-540 นาโนเมตร ซึ่งยืนยันได้ว่าเป็นแถบการดูดกลืนของอนุภาคนาโนทองคำ ขนาดของอนุภาคนาโนทองคำในรูปแบบฟิล์มถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ดังรูปที่ 2.29 พบว่าอนุภาคนาโนทองคำที่เตรียมได้มีขนาด 15 นาโนเมตร ส่วนขนาดของอนุภาคสารละลายเมื่อทิ้งไว้นานกว่า 2 สัปดาห์ พบว่าอนุภาคมีขนาด 50 นาโนเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคนาโนทองคำที่ใช้ sodium formaldehyde sulfoxylate (SFS) เป็นตัวรีดิวซ์จะมีการกระจายของขนาดอนุภาคที่สูงกว่าการใช้ hydrazine hydrate (HH) เป็นตัวรีดิวซ์ ดังรูปที่ 2.30 [2]



รูปที่ 2.29 สเปกตรัมการดูดกลืนของอนุภาคนาโนทองคำ (รูปซ้าย) ในสารละลาย และ (รูปขวา) อยู่ในรูปของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ โดยใช้ตัวรีดิวซ์ต่างชนิดกัน (a) - (b) โดยการใช้ HH ที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียส และ (c) - (d) โดยการใช้ SFS ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 2.30 ภาพถ่าย TEM ของอนุภาคนาโนทองคำที่เตรียมโดยการใช้ (a) HH และ (b) SFS เป็นตัวรีดิวซ์

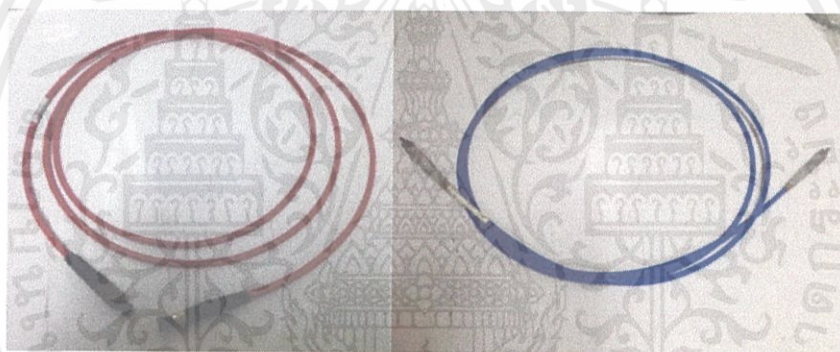
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.1.1 เส้นใยแก้วนำแสง

เส้นใยแก้วนำแสงทำหน้าที่ในการนำแสงที่ผ่านสารละลายหรือฟิล์มบาง เข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งเส้นใยแก้วนำแสงนี้จะมีขนาดความยาว 2 เมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 ไมโครเมตร และ 600 ไมโครเมตร ดังรูปที่ 3.1 โดยในการทดลองงานวิจัยนี้ เส้นใยแก้วนำแสงจะใช้ทดลองเกี่ยวกับการวัดสมบัติทางแสงของสารละลายและฟิล์มบาง



(ซ้าย)

(ขวา)

รูปที่ 3.1 เส้นใยแก้วนำแสง (ซ้าย) เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 200 ไมโครเมตร
(ขวา) เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 600 ไมโครเมตร

3.1.2 เครื่องสเปกโตรมิเตอร์

เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ทำหน้าที่ในการวัดแสง ซึ่งสามารถวัดแสงได้ในย่านความยาวคลื่น 200 – 1100 นาโนเมตร และค่า intensity ที่อยู่ในช่วง Ultra violet (UV) และ Visible

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องสเปกโตรมิเตอร์

3.1.3 แหล่งกำเนิดแสงทั้งสแตน

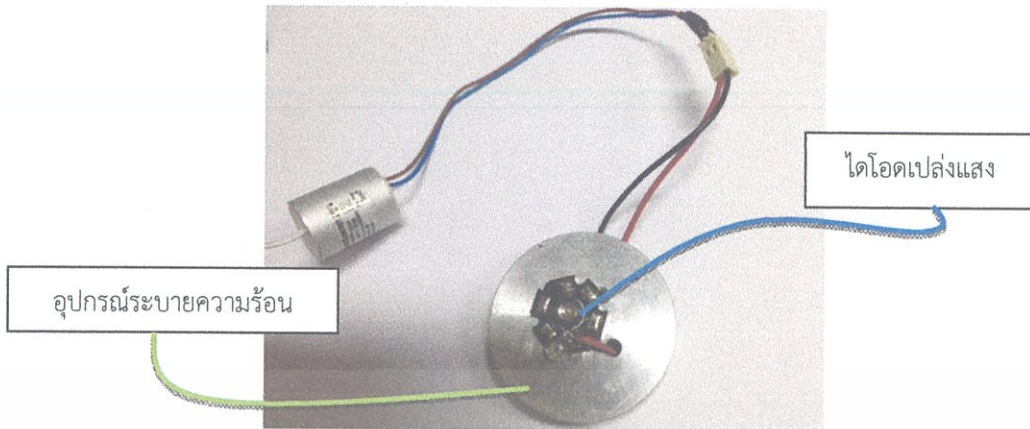
แหล่งกำเนิดแสงทั้งสแตน ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ และใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 0.19 แอมแปร์ ซึ่งจะให้แสงในย่านความยาวคลื่น 400 – 900 นาโนเมตร ซึ่งจะมีสายใยแก้วนำแสงที่ใช้สำหรับนำส่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังฟิล์มบางหรือสารละลาย โดยจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายใยแก้วนำแสงทั้งหมดมีตรวมกัน 6 มิลลิเมตร และในการทดลองงานวิจัยนี้ จะใช้แหล่งกำเนิดแสงทั้งสแตนในการศึกษาสมบัติการดูดกลืนแสงของสารละลายและฟิล์มบาง



รูปที่ 3.3 แหล่งกำเนิดแสงทั้งสแตน พร้อมสายใยแก้วนำแสงที่ใช้สำหรับนำส่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังสารละลายหรือฟิล์มบาง

3.1.4 ไดโอดเปล่งแสง

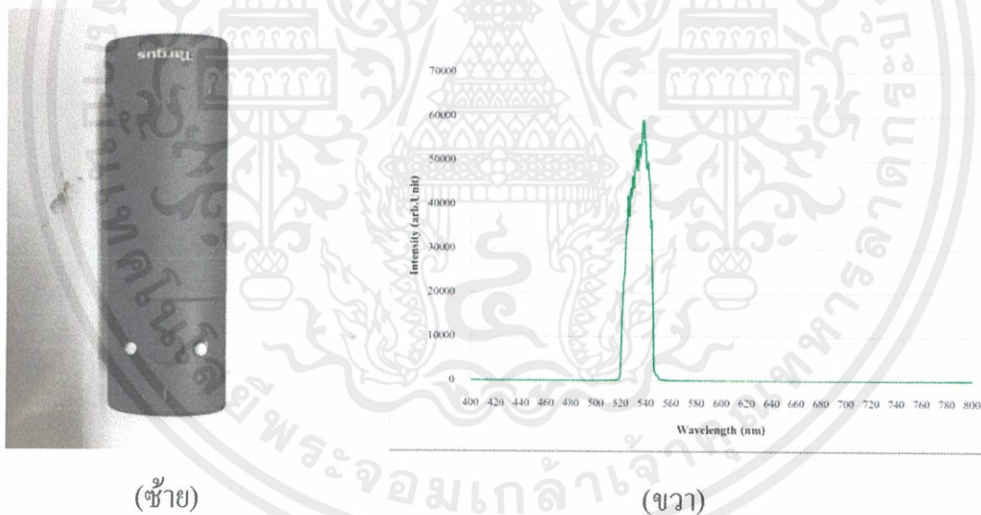
ไดโอดเปล่งแสงจะถูกยึดติดกับอุปกรณ์ระบายความร้อน โดยที่ความเข้มแสงสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่น 524 นาโนเมตร (แสงสีเขียว) และความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร (แสงสีม่วง) ซึ่งในการทดลองงานวิจัยนี้จะใช้ไดโอดเปล่งแสงสำหรับการกระตุ้นสารเรืองแสง เพื่อศึกษาสมบัติในการเรืองแสงของสารละลาย



รูปที่ 3.4 ไดโอดเปล่งแสง

3.1.5 เลเซอร์แสงสีเขียว

โดยในการทดลองงานวิจัยนี้จะใช้เลเซอร์แสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เป็นแหล่งกำเนิดแสง ในการศึกษาสมบัติการเปล่งแสงของฟิล์มบาง



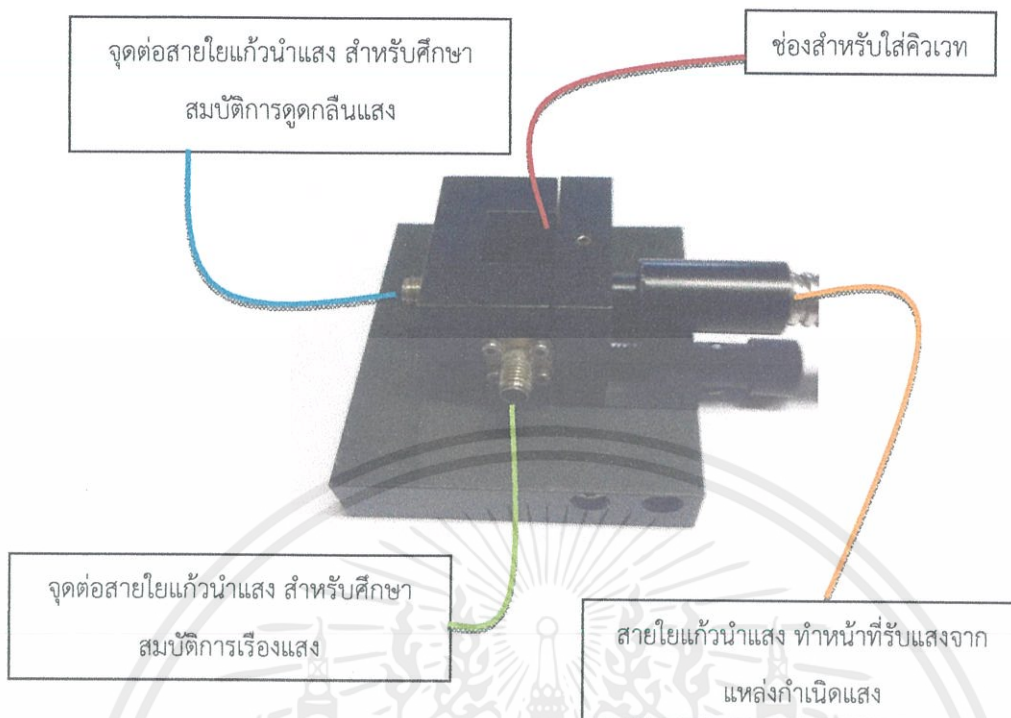
รูปที่ 3.5 (ซ้าย) เลเซอร์แสงสีเขียว (ขวา) สเปกตรัมแสงของเลเซอร์สีเขียว

3.1.6 อุปกรณ์สำหรับระบบวัดสมบัติทางแสงในรูปสารละลาย

ในส่วนนี้จะมีอุปกรณ์จับยึด ที่ทำหน้าที่ในการจับยึดสายใยแก้วนำแสง ซึ่งจะเป็นระบบ

สำหรับวัดสมบัติทางแสงของสารละลาย

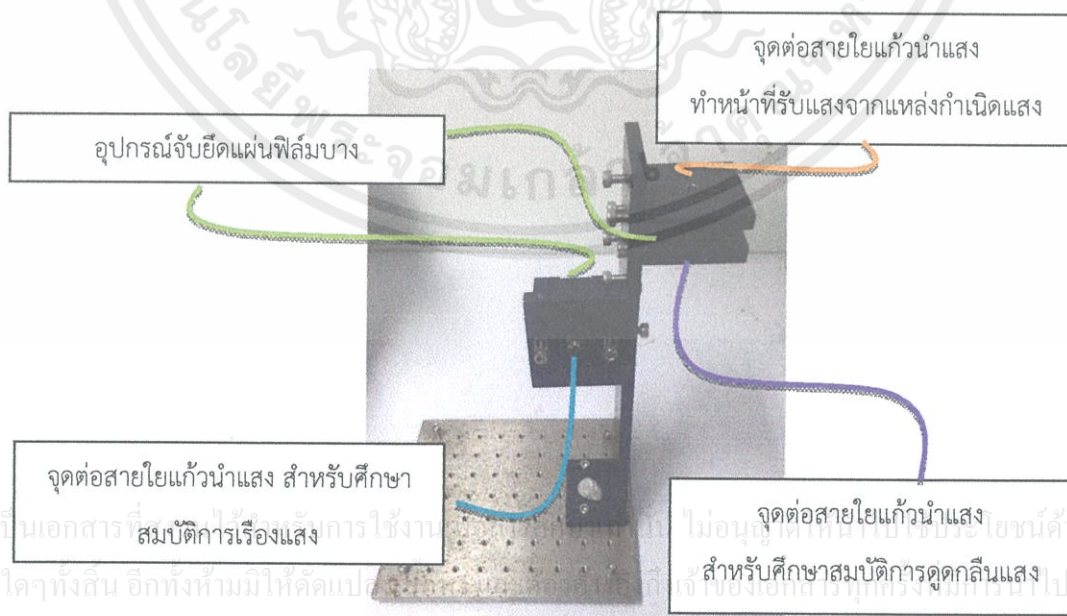
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์จับยึดสำหรับระบบวัดสมบัติทางแสงของสารละลาย

3.1.7 อุปกรณ์สำหรับระบบวัดสมบัติทางแสงรูปของฟิล์มบาง

ในส่วนนี้จะมีอุปกรณ์จับยึด 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการจับยึดสายใยแก้วนำแสง และ ส่วนที่ทำการจับยึดแผ่นฟิล์มบาง ซึ่งจะเป็นระบบสำหรับวัดสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์จับยึดสำหรับระบบวัดสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง

การเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสง เพื่อศึกษาสมบัติทางแสงในรูปของสารละลายและฟิล์มบาง

- การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสง สายใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ จะถูกวางให้ตรงกับแหล่งกำเนิดแสง
- การศึกษาสเปกตรัมการเรืองแสง สายใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ จะถูกวางทำมุม 90 องศา กับแหล่งกำเนิดแสง

3.1.8 เครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง

วิธีการเคลือบฟิล์มแบบหมุนเหวี่ยงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการจัดทำฟิล์มบางได้ โดยส่วนประกอบต่างๆ มีดังนี้

1. แท่นวางสำหรับจับยึดกระจกสไลด์

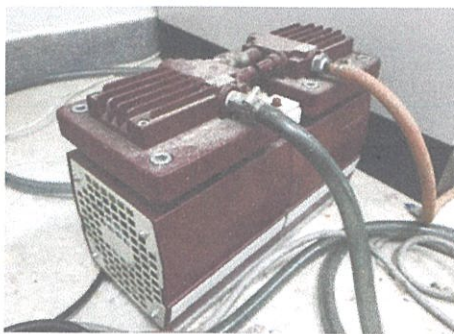
จะมีรูกลวงขนาดเล็กน้อยบริเวณจุดกึ่งกลางของแท่น ใช้สำหรับจับยึดแผ่นกระจกสไลด์ ขณะที่ทำการเคลือบฟิล์ม



รูปที่ 3.8 แท่นวางสำหรับจับยึดกระจกสไลด์

2. เครื่องปั๊มสุญญากาศ

ใช้ในการดูดแผ่นกระจกสไลด์ให้ติดอยู่กับแท่นวาง เพื่อไม่ให้กระจกสไลด์หลุดออกได้ขณะที่ทำการเคลือบฟิล์ม โดยเครื่องปั๊มสุญญากาศมีอัตราการปั๊ม 60 ลิตร/นาที ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้า 100 โวลต์ เอกสารและกระแสไฟฟ้า 4 แอมป์ ปรึบการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 เครื่องป้อนสัญญาณ

3. มอเตอร์ควบคุมความเร็ว

ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบในการหมุนตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.10 มอเตอร์ควบคุมความเร็ว

4. เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)

ใช้สำหรับวัดความเร็วรอบในการหมุน ซึ่งจะทำการวัดความเร็วรอบในขณะที่เครื่องหมุนกำลังทำงาน เพื่อที่จะตั้งค่าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่มอเตอร์ควบคุมความเร็ว ให้มีความเร็วรอบตามต้องการ ในงานวิจัยนี้จะใช้ความเร็วรอบที่ 3600 รอบ/นาที



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แท่นควบคุม

เปรียบเสมือนสวิตช์ที่ใช้ในการสั่งการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้า 125-250 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์



รูปที่ 3.12 แท่นควบคุม

6. หม้อแปลง

ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้า 110 โวลต์ เพื่อเป็นการแปลงแรงดันไฟฟ้าให้กับเครื่องปั๊มสุญญากาศ



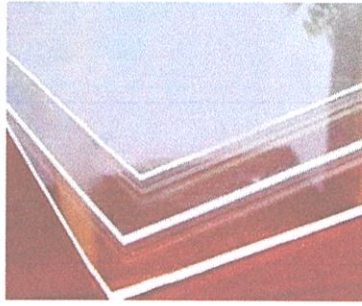
รูปที่ 3.13 หม้อแปลง

7. แผ่นอะคริลิก

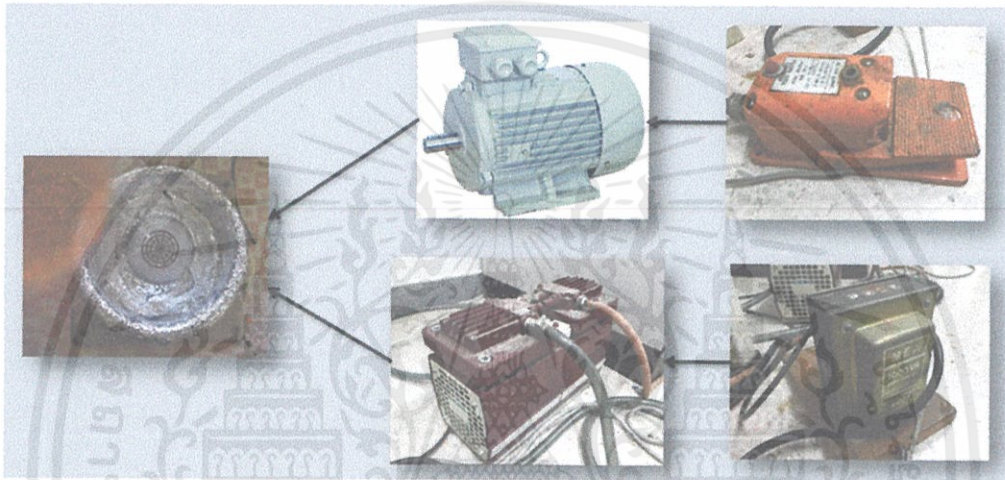
ใช้ในการป้องกันอันตรายจากชิ้นงาน ในกรณีที่ชิ้นงานอาจหลุดออกมาขณะที่ทำการหมุนเคลือบ

ฟิล์ม เนื่องจากจากแท่นวางอาจจะจับยึดได้ไม่แน่นพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แผ่นอะคริลิก



รูปที่ 3.15 ระบบเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง

3.2 การศึกษาสมบัติทางแสง

3.2.1 การศึกษาสมบัติทางแสงในรูปของสารละลาย

1. การวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสง

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องสเปกโตรมิเตอร์
2. สายใยแก้วนำแสง
3. แหล่งกำเนิดแสงทั้งสแตน
4. แท่นบรรจุคิวเวท (รูป 3.15)

5. คิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย มีขนาด 1 cm. x 1 cm. และสูง 4.5 cm. นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตามที่ผู้จัดทำเอกสารนี้ให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป 3.16

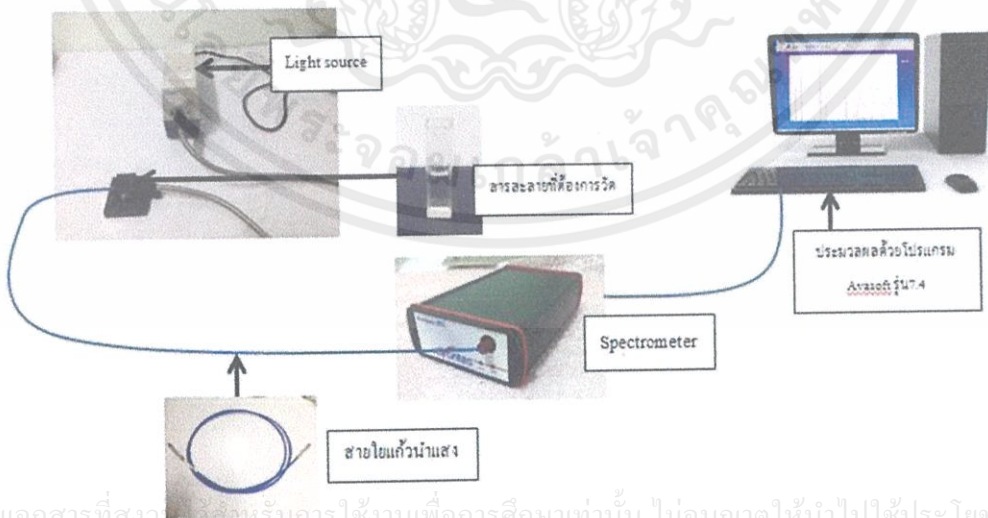
2. เปิดโปรแกรม Avasoft รุ่น 7.4
3. ทำการวัด background ของเครื่องสเปกโตรมิเตอร์
4. นำคิ่วเวทีบรรจุสารละลาย วางลงในแท่นบรรจุคิ่วเวที
5. เปิดแหล่งกำเนิดแสง (Light source) และทำการวัดค่าการดูดกลืนของน้ำ DI ก่อน เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการวัดการดูดกลืนของสารละลาย จะทำให้ได้เฉพาะค่าการดูดกลืนของสารละลายเพียงอย่างเดียว
6. ทำการวัดค่าการดูดกลืนของสารละลาย ซึ่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะเดินทางผ่านสายใยแก้วนำแสง ตกกระทบกับคิ่วเวทีบรรจุสารละลาย และแสงที่สามารถส่องผ่านออกมาได้ จะเดินทางเข้าสู่สายใยแก้วนำแสงอีกเส้นหนึ่ง เพื่อนำแสงไปยังเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ แสงที่ถูกนำเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์จะถูกวิเคราะห์ และส่งผ่านเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ถูกเชื่อมต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ผ่านสาย USB และทำการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้โปรแกรม AvaSoft รุ่น 7.4 ด้วยสมการ

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

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย

I คือ ความเข้มแสงอ้างอิง ซึ่งมาจากการวัดความเข้มแสงที่ผ่านสารละลายอ้างอิง

I_0 คือ ความเข้มแสงซึ่งมาจากการวัดความเข้มแสงที่ผ่านสารละลาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 3.16 ระบบวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในรูปของสารละลายที่มีการนำไปใช้

2. การวัดสเปกตรัมการเปล่งแสง

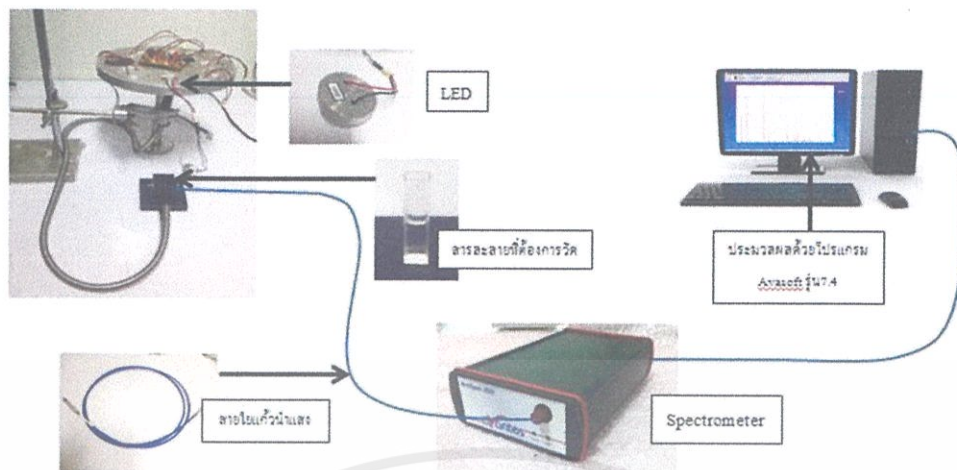
วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องสเปกโตรมิเตอร์
2. สายใยแก้วนำแสง
3. ไดโอดเปล่งแสง (แสงสีเขียว ความยาวคลื่น 524 นาโนเมตร สำหรับวัดสารละลายสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G), Gold/Palladium (Au@Pd) และแสงสีม่วง ความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร สำหรับวัดสารละลายสารสีย้อม Coumarin 153, Pd(porous))
4. แท่นบรรจุคิวเวท (รูป 3.15)
5. คิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย มีขนาด 1 cm. x 1 cm. และสูง 4.5 cm.

ขั้นตอนในการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป 3.17
2. เปิดโปรแกรม Avasoft รุ่น 7.4
3. ทำการวัด background ของเครื่องสเปกโตรมิเตอร์
4. นำคิวเวทที่บรรจุสารละลาย วางลงในแท่นบรรจุคิวเวท
5. ทำการเปิดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นแสงสีเขียว เพื่อวัดค่าการปลดปล่อยแสงของสารละลาย
6. ทำการวัดการปลดปล่อยแสง ซึ่งจะถูกวัดในรูปของความเข้มแสง แสงจากไดโอดเปล่งแสง จะเดินทางผ่านสายใยแก้วนำแสง ไปตกกระทบกับคิวเวทที่บรรจุสารละลาย แสงที่ถูกปลดปล่อยออกมา จะถูกรวบรวมโดยสายใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่ออยู่กับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ แสงที่ถูกนำเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์จะถูกวิเคราะห์ และส่งผ่านเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ถูกเชื่อมต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ผ่านสาย USB และทำการวิเคราะห์ค่าการปลดปล่อยแสง โดยใช้โปรแกรม AvaSoft รุ่น 7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ระบบวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงในรูปของสารละลาย

3.2.2 การศึกษาสมบัติทางแสงในรูปของฟิล์มบางลูมิเนสเซนซ์

1. การวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสง

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องสเปกโตรมิเตอร์
2. สายใยแก้วนำแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 ไมโครเมตร
3. แหล่งกำเนิดแสงทั้งสแตน
4. แผ่นฟิล์มบาง
5. อุปกรณ์จับยึดแผ่นฟิล์มบาง

ขั้นตอนในการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป 3.18
2. เปิดโปรแกรม Avasoft รุ่น 7.4
3. ทำการวัด background ของเครื่องสเปกโตรมิเตอร์
4. นำแผ่นฟิล์มบางใส่ช่องอุปกรณ์ที่ยึดแผ่นฟิล์ม
5. เปิดแหล่งกำเนิดแสง (Light source) และทำการวัดค่าการดูดกลืนของแผ่น PMMA ก่อน เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการวัดการดูดกลืนของฟิล์มบาง จะทำให้ได้เฉพาะค่าการดูดกลืนของฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเพียงอย่างเดียวไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าการวัดค่าการดูดกลืนของแผ่นฟิล์มบาง ซึ่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะเดินทางผ่านสายใยแก้ว

นำแสง ตกกระทบกับฟิล์มบาง และแสงที่สามารถส่องผ่านฟิล์มบางออกมาได้ จะเดินทางเข้าสู่

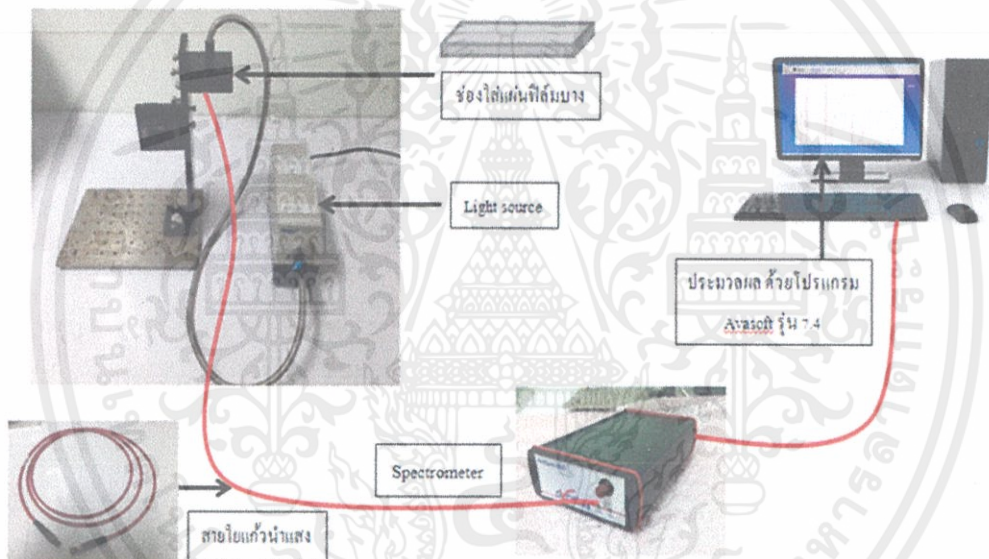
สายใยแก้วนำแสงอีกเส้นหนึ่ง เพื่อนำแสงไปยังเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ แสงที่ถูกนำเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์จะถูกวิเคราะห์ และส่งผ่านเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ถูกเชื่อมต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ผ่านสาย USB และทำการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้โปรแกรม AvaSoft รุ่น 7.4 ด้วยสมการ

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

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง

I คือ ความเข้มแสงอ้างอิง ซึ่งมาจากการวัดความเข้มแสงที่ผ่านฟิล์มบางอ้างอิง

I_0 คือ ความเข้มแสงซึ่งมาจากการวัดความเข้มแสงฟิล์มบาง



รูปที่ 3.18 ระบบวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในรูปของฟิล์มบาง

2. การวัดสเปกตรัมการเปล่งแสง

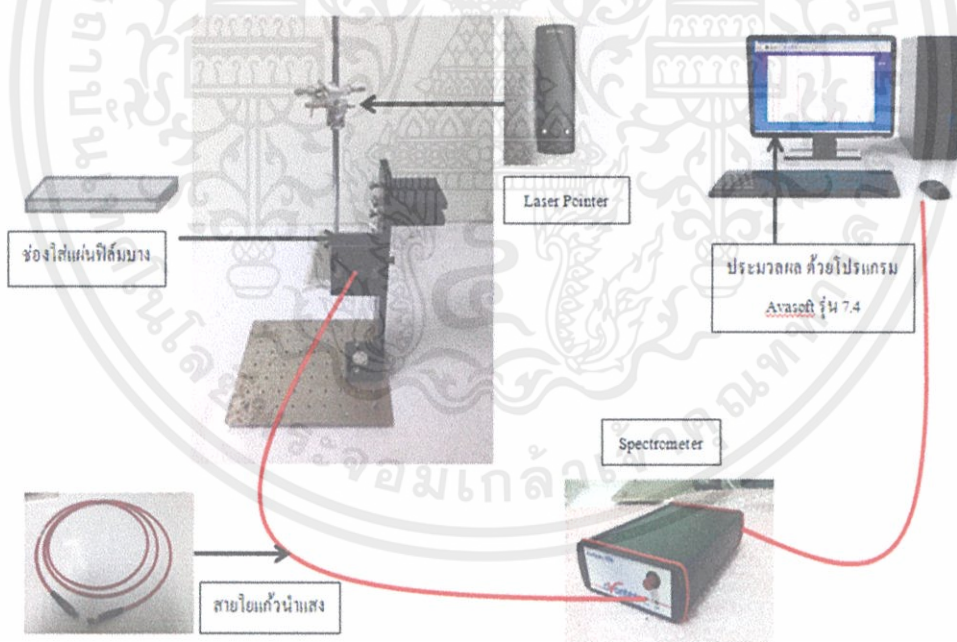
วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องสเปกโตรมิเตอร์
2. สายใยแก้วนำแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 ไมโครเมตร
3. เลเซอร์สีเขียว
4. อุปกรณ์จับยึดเลเซอร์สีเขียว
5. อุปกรณ์จับแผ่นฟิล์มบาง
6. แผ่นฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป 3.19
2. เปิดโปรแกรม Avasoft รุ่น 7.4
3. ทำการวัด background ของเครื่องสเปกโตรมิเตอร์
4. นำแผ่นฟิล์มบางใส่ช่องอุปกรณ์ที่ยึดแผ่นฟิล์ม
5. ทำการเปิดแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งเป็นเลเซอร์แสงสีเขียวเพื่อวัดค่าการปลดปล่อยแสงของแผ่นฟิล์มบางลูมิเนสเซนซ์
6. ทำการวัดการปลดปล่อยแสงของฟิล์มบาง ซึ่งจะถูกรวบรวมในรูปแบบของความเข้มแสง แสงจากเลเซอร์สีเขียว จะตกกระทบกับฟิล์มบาง แสงที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะถูกรวบรวมโดยสายใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่ออยู่กับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ แสงที่ถูกนำเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์จะถูกวิเคราะห์และส่งผ่านเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ถูกเชื่อมต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ผ่านสาย USB และทำการวิเคราะห์ค่าการปลดปล่อยแสง โดยใช้โปรแกรม AvaSoft รุ่น 7.4



รูปที่ 3.19 ระบบวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงในรูปแบบของฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

3.3.1 การศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และ Gold/Palladium (Au@Pd)

3.3.2 การศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Coumarin 153 และสารละลาย Pd(porous)

3.3.3 การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางจากสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และสาร Gold/Palladium (Au@Pd)

3.3.1 การศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และ Gold/Palladium (Au@Pd)

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. สาร Rhodamine 6G (R6G) และ สาร Gold/Palladium (Au@Pd)
2. น้ำ DI
3. คิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย มีขนาด 1 cm. x 1 cm. และสูง 4.5 cm.

ขั้นตอนในการทดลอง

1. นำสาร Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml มาใส่ในคิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย จากนั้นนำไปวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)

2. ทำการเตรียมสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 50 ml โดยการชั่งสาร Rhodamine 6G (R6G) 0.0024 g ละลายด้วย DCM 50 ml แล้วนำไปเขย่าในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที จะได้สารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 50 ml

3. เตรียมสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-5} M ปริมาตร 30 ml โดยการทำให้เจือจาง จากสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} M

4. เตรียมสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 8×10^{-6} M, 6×10^{-6} M, 4×10^{-6} M และ 2×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml โดยการทำให้เจือจาง จากสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่าการนี้ใดๆก็ตาม กรุณาแจ้งให้ทราบถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-5} M, 8×10^{-6} M, 6×10^{-6} M, 4×10^{-6} M และ 2×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml ใส่ในคิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย และทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)
6. นำสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 6×10^{-6} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับสาร Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml (ครั้งที่ 0) และทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)
7. นำสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ความเข้มข้น 6×10^{-6} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับน้ำ DI ปริมาตร 1 ml (ครั้งที่ 0) และทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)
8. นำสารในข้อ 6 มาทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

ตารางที่ 3.1 การจัดเตรียมสาร R6G + Au@Pd โดยการเจือจางด้วยน้ำ DI ทั้งหมด 10 ครั้ง

ครั้งที่	การจัดเตรียมสาร	Solution
0	R6G ความเข้มข้น 6×10^{-6} M 1 ml + Au@Pd ความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M 1 ml	A
1	Solution A 1 ml + น้ำ DI 1 ml	B
2	Solution B 1 ml + น้ำ DI 1 ml	C
3	Solution C 1 ml + น้ำ DI 1 ml	D
4	Solution D 1 ml + น้ำ DI 1 ml	E
5	Solution E 1 ml + น้ำ DI 1 ml	F
6	Solution F 1 ml + น้ำ DI 1 ml	G
7	Solution G 1 ml + น้ำ DI 1 ml	H
8	Solution H 1 ml + น้ำ DI 1 ml	I
9	Solution I 1 ml + น้ำ DI 1 ml	J
10	Solution J 1 ml + น้ำ DI 1 ml	K

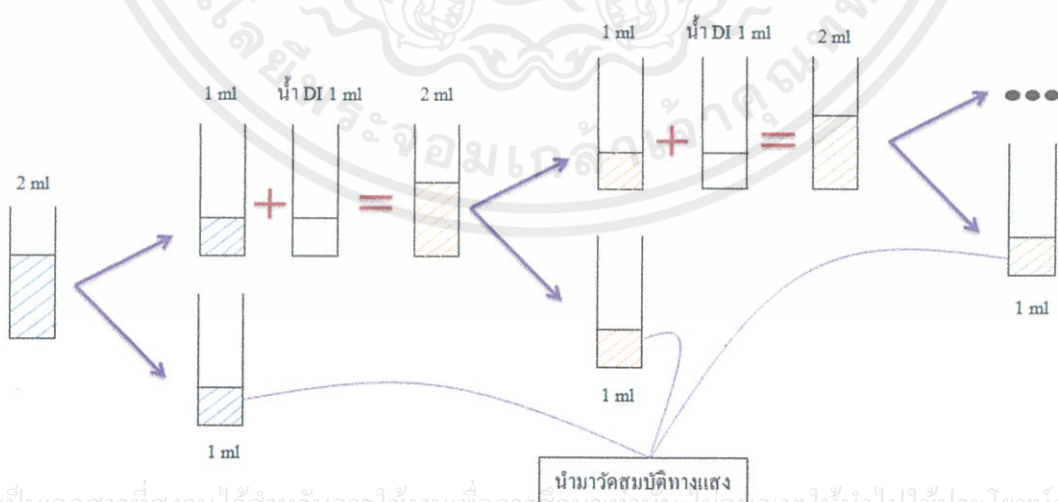
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. นำสารในข้อ 7 มาทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

ตารางที่ 3.2 การจัดเตรียมสาร R6G + น้ำ DI โดยการเจือจางด้วยน้ำ DI ทั้งหมด 10 ครั้ง

ครั้งที่	การจัดเตรียมสาร	Solution
0	R6G ความเข้มข้น 6×10^{-6} M 1 ml + น้ำ DI	L
1	Solution L 1 ml + น้ำ DI 1 ml	M
2	Solution M 1 ml + น้ำ DI 1 ml	N
3	Solution N 1 ml + น้ำ DI 1 ml	O
4	Solution O 1 ml + น้ำ DI 1 ml	P
5	Solution P 1 ml + น้ำ DI 1 ml	Q
6	Solution Q 1 ml + น้ำ DI 1 ml	R
7	Solution R 1 ml + น้ำ DI 1 ml	S
8	Solution S 1 ml + น้ำ DI 1 ml	T
9	Solution T 1 ml + น้ำ DI 1 ml	U
10	Solution U 1 ml + น้ำ DI 1 ml	V

10. นำสารจากทั้ง 10 ครั้ง ในข้อ 8 และข้อ 9 มาทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเรืองแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบที่ 3.20 แสดงวิธีการผสมสารละลาย R6G+Au@Pd (ข้อ 8) และสารละลาย R6G+น้ำ DI (ข้อ 9) ใช้

3.3.2 การศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสารสีย้อม Coumarin 153 และ สารละลาย Pd(porous)

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. สาร Coumarin 153 และ สาร Pd(porous)
2. Ethanol
3. คิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย มีขนาด 1 cm. x 1 cm. และสูง 4.5 cm.

ขั้นตอนในการทดลอง

1. นำสาร Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 4.7×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml ใส่ในคิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย จากนั้นนำไปวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)
2. เตรียมสารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 10 ml โดยการชั่งสาร Coumarin 0.0031 g ละลายด้วย Ethanol 10 ml แล้วนำไปเขย่าในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที จะได้สารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 10 ml
3. เตรียมสารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 10 ml โดยการทำให้เจือจางจากสารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M
4. เตรียมสารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 5×10^{-5} M และ 10^{-5} M ปริมาตร 3 ml โดยการทำให้เจือจางจากสารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} M
5. นำสารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M, 10^{-4} M, 5×10^{-5} M และ 10^{-5} M ปริมาตร 3 ml ใส่ในคิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย และทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)
6. นำสารละลาย Coumarin ที่มีความเข้มข้น 5×10^{-5} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับสาร Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 4.7×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml (ครั้งที่ 0) และทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)
7. นำสารละลาย Coumarin ความเข้มข้น 5×10^{-5} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับ Ethanol ปริมาตร 1 ml (ครั้งที่ 0) และทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
8. นำสารในข้อ 6 มาทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การเตรียมสาร Coumarin+Pd(porous) โดยเจือจางด้วย Ethanol ทั้งหมด 10 ครั้ง

ครั้งที่	การจัดเตรียมสาร	Solution
0	Coumarin ความเข้มข้น 5×10^{-5} M 1 ml + Pd(porous) ความเข้มข้น 4.7×10^{-4} M 1 ml	A
1	Solution A 1 ml + Ethanol 1 ml	B
2	Solution B 1 ml + Ethanol 1 ml	C
3	Solution C 1 ml + Ethanol 1 ml	D
4	Solution D 1 ml + Ethanol 1 ml	E
5	Solution E 1 ml + Ethanol 1 ml	F
6	Solution F 1 ml + Ethanol 1 ml	G
7	Solution G 1 ml + Ethanol 1 ml	H
8	Solution H 1 ml + Ethanol 1 ml	I
9	Solution I 1 ml + Ethanol 1 ml	J
10	Solution J 1 ml + Ethanol 1 ml	K

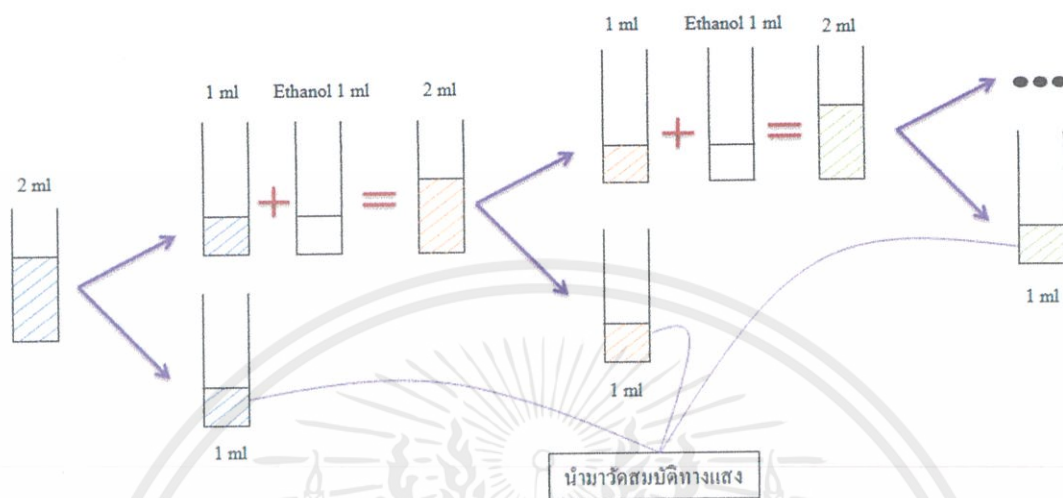
9. นำสารในข้อ 7 มาทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

ตารางที่ 3.4 การเตรียมสาร Coumarin+Ethanol โดยเจือจางด้วย Ethanol ทั้งหมด 10 ครั้ง

ครั้งที่	การจัดเตรียมสาร	Solution
0	Coumarin ความเข้มข้น 5×10^{-5} M 1 ml + Ethanol 1 ml	L
1	Solution L 1 ml + Ethanol 1 ml	M
2	Solution M 1 ml + Ethanol 1 ml	N
3	Solution N 1 ml + Ethanol 1 ml	O
4	Solution O 1 ml + Ethanol 1 ml	P
5	Solution P 1 ml + Ethanol 1 ml	Q
6	Solution Q 1 ml + Ethanol 1 ml	R
7	Solution R 1 ml + Ethanol 1 ml	S
8	Solution S 1 ml + Ethanol 1 ml	T
9	Solution T 1 ml + Ethanol 1 ml	U
10	Solution U 1 ml + Ethanol 1 ml	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงบนสื่อออนไลน์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง ที่มีการนำไปใช้

10. นำสารจากทั้ง 10 ครั้ง ในข้อ 8 และข้อ 9 มาทำการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.1)



รูปที่ 3.21 แสดงวิธีการผสมสาร Coumarin+Pd(porous) (ข้อ 8) และสาร Coumarin+Ethanol (ข้อ 9)

3.3.3 การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางจากสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และสาร Gold/Palladium (Au@Pd)

1. กระบวนการจัดเตรียมฟิล์มบาง R6G/PMMA

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง
2. สาร Rhodamine 6G (R6G)
3. สารทำละลาย Dichloromethane (DCM)
4. กระจกสไลด์ ขนาด 1" x 3" หนา 1 มิลลิเมตร
5. สาร Polymethyl methacrylate (PMMA)
6. อะซิโตน
7. เอทานอล
8. เครื่องอัลตราโซนิก

ขั้นตอนในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ กรุณาแจ้งผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ล้างกระจกสไลด์ด้วยน้ำยาล้างจานเพื่อไม่ให้มีรอยต่างๆบนกระจกสไลด์
2. นำกระจกสไลด์ไปแช่ในอะซิโตนแล้วนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลาประมาณ 10 นาที

3. นำกระจกไปแช่เอทานอลแล้วนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และนำไปผึ่งให้แห้ง
4. ทำการเตรียมสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 30 ml โดยการชั่งสาร Rhodamine 6G (R6G) 0.0144 g ละลายด้วย DCM 30 ml แล้วนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 30 ml
5. เตรียมสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-5} M, 2×10^{-5} M, 4×10^{-5} M, 6×10^{-5} M, 8×10^{-5} M, 10^{-4} M, 2×10^{-4} M, 4×10^{-4} M, 6×10^{-4} M และ 8×10^{-4} M โดยการทำให้เจือจางจากสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M
6. ตวงสาร PMMA 0.4 g ใส่ขวดแก้ว
7. นำสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ความเข้มข้นต่างๆ มา 2.5 ml ใส่ลงใน PMMA ที่เตรียมไว้แล้ว และนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 15 นาที
8. นำกระจกมาวางบนเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง โดยจะวางบนแผ่นซิลิโคน ซึ่งจะวางบนเครื่องปั๊มเพื่อดูดจับกระจกไว้ โดยจะติดอยู่กับเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยงแล้วปิดด้วยแผ่นอะคริลิก จากนั้นเหยียบสวิตช์ โดยใช้ความเร็วในการหมุน 3600 รอบ/วินาที (โดยอาศัยระบบเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง ตามรูปที่ 3.15)
9. นำสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่เตรียมไว้ในข้อ 7. มาเคลือบบนแผ่นกระจก และทำการเคลือบเป็นเวลา 40 วินาที จะได้เป็นฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ
10. จากนั้นนำฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ ไปวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.2)

2. กระบวนการจัดเตรียมฟิล์มบาง Au@Pd/PMMA

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง
2. สาร Gold/Palladium (Au@Pd)
3. สารทำละลาย Dichloromethane (DCM)
4. กระจกสไลด์ ขนาด 1" x 1"หนา 1 มิลลิเมตร
5. สาร Polymethyl methacrylate (PMMA)
6. อะซิโตน
7. เอทานอล
8. เครื่องอัลตราโซนิก

ขั้นตอนในการทดลอง

1. ล้างกระจกสไลด์ด้วยน้ำยาล้างจานเพื่อไม่ให้มีรอยต่างๆบนกระจกสไลด์
2. นำกระจกสไลด์ไปแช่ในอะซิโตนแล้วนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลาประมาณ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนั้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำกระจกไปแช่เอทานอลแล้วนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และนำไปผึ่งให้แห้ง
4. เตรียมสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-5} M ปริมาตร 2 ml โดยการนำสาร Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M มา 0.2 ml ผสมกับน้ำ DI 1.8 ml แล้วนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที จะได้สารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-5} M ปริมาตร 2 ml
5. นำสารละลายในข้อ 4 มา 1.2 ml ผสมกับน้ำ DI 0.8 ml เมื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย จะพบว่าความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 7.32×10^{-6} M
6. นำสารละลายในข้อ 5 มา 1 ml และทำให้เจือจาง โดยการเติม DCM เข้าไปอีก 2.2 ml เมื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย จะพบว่าความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 2.29×10^{-6} M
7. นำสารละลายในข้อ 5 มา 1 ml และทำให้เจือจาง โดยการเติม DCM เข้าไปอีก 1.1 ml เมื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย จะพบว่าความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 3.49×10^{-6} M
8. นำสาร Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.2216×10^{-4} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 1.1 ml เมื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย พบว่าความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 5.81×10^{-5} M
9. ตวงสาร PMMA 0.4 g ใส่ขวดแก้ว
10. นำสารละลายในข้อ 6 และข้อ 7 ใส่ลงใน PMMA ที่เตรียมไว้แล้ว และนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 15 นาที
11. นำสารละลายในข้อ 8 ใส่ลงใน PMMA ที่เตรียมไว้แล้ว และนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 25 นาที
12. นำกระจกมาวางบนเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง โดยจะวางบนแผ่นซิลิโคน ซึ่งจะวางบนเครื่องปั่นเพื่อดูดจับกระจกไว้โดยจะติดอยู่กับเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยงแล้วปิดด้วยแผ่นอะคริลิก จากนั้นเหยียบสวิตช์ โดยใช้ความเร็วในการหมุน 3600 รอบ/วินาที วินาที (โดยอาศัยระบบเครื่องเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง ตามรูปที่ 3.15)
13. นำสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่เตรียมไว้ในข้อ 10 และข้อ 11 มาเทลงบนแผ่นกระจก และทำการเคลือบเป็นเวลา 40 วินาที จะได้เป็นฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ
14. จากนั้นนำฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ ไปวัดสมบัติการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสง (โดยอาศัยระบบวัดตามหัวข้อที่ 3.2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

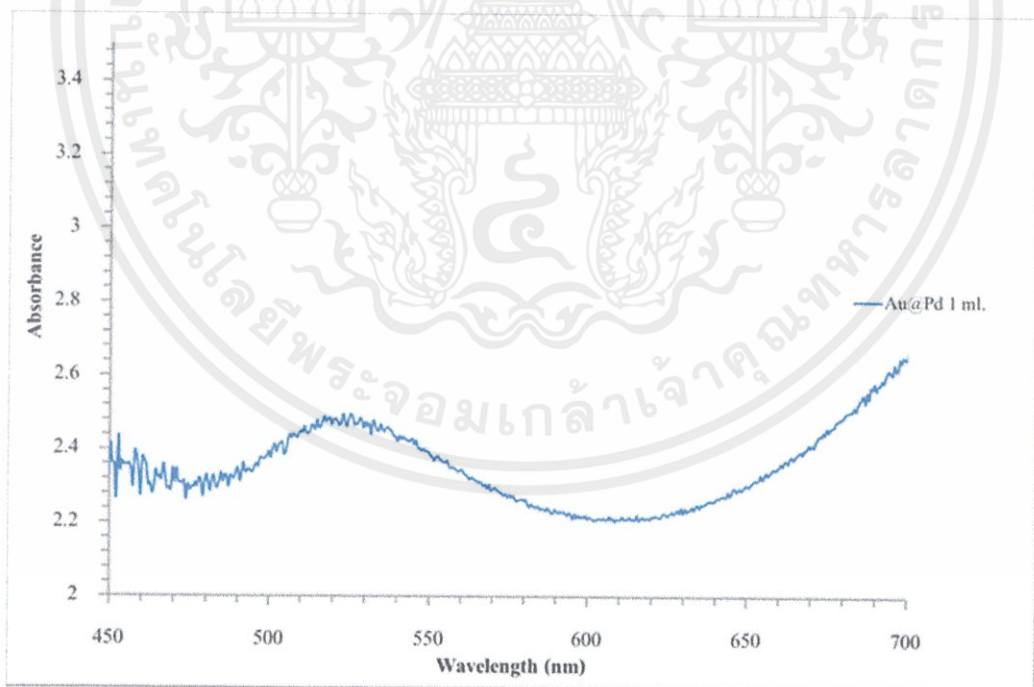
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

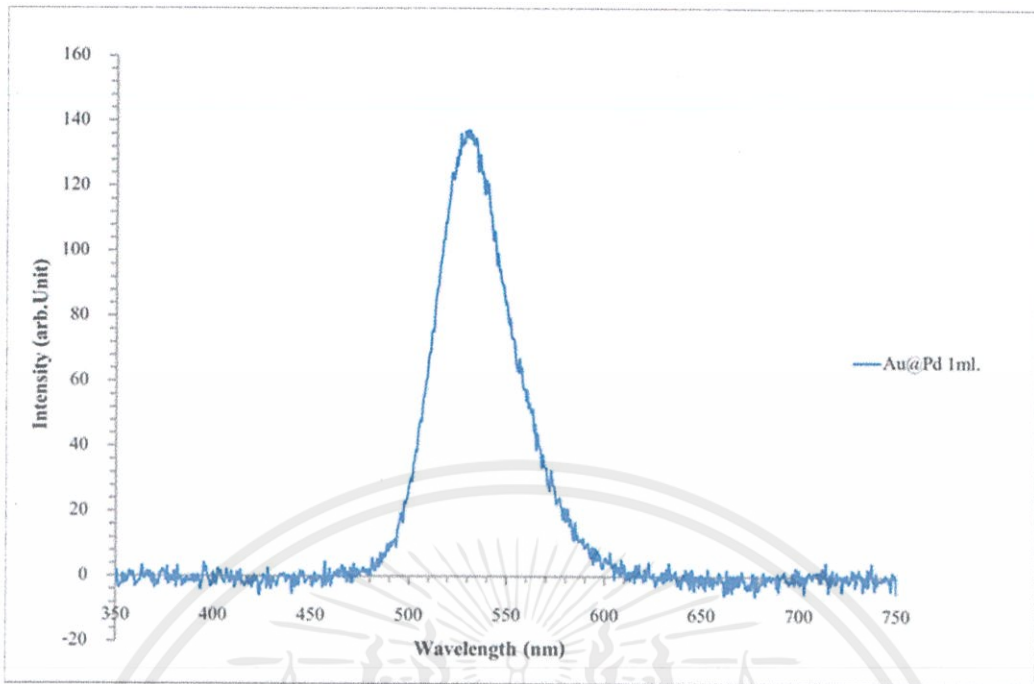
4.1.1 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ซึ่งเป็นอนุภาคนาโนที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrometer โดยอาศัยขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2 ได้ผลดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จะมีพีคการดูดกลืนแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 520 นาโนเมตร และมีพีคการเปล่งแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 525 นาโนเมตร



รูปที่ 4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปบนเว็บไซต์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

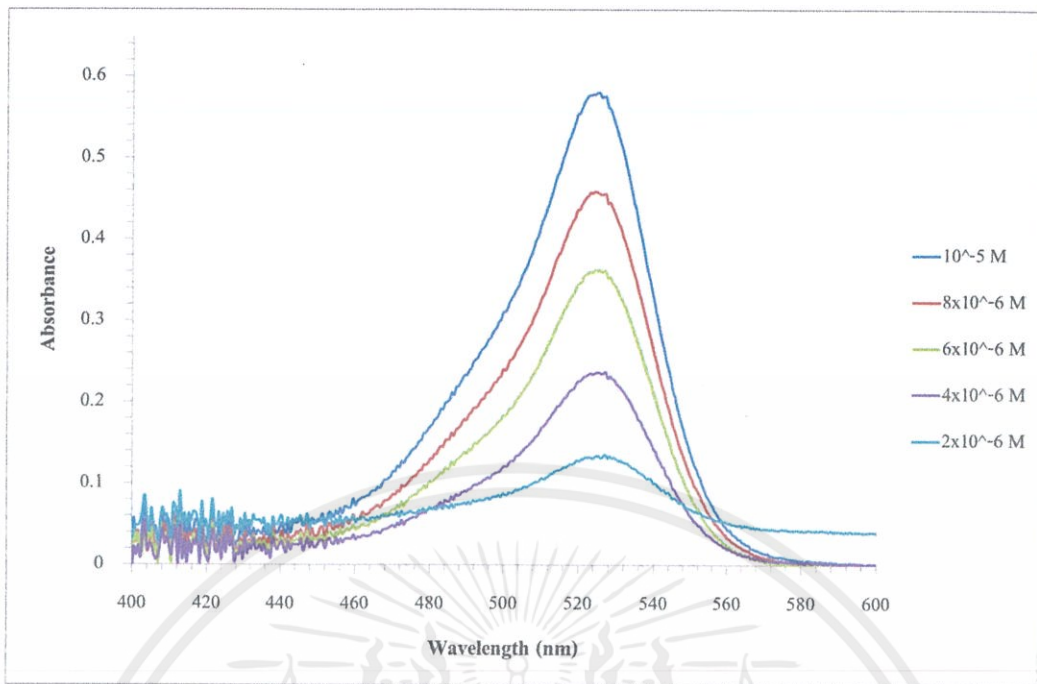


รูปที่ 4.2 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) กระตุ้นด้วยแสง LED ที่มีความยาวคลื่น 524 nm

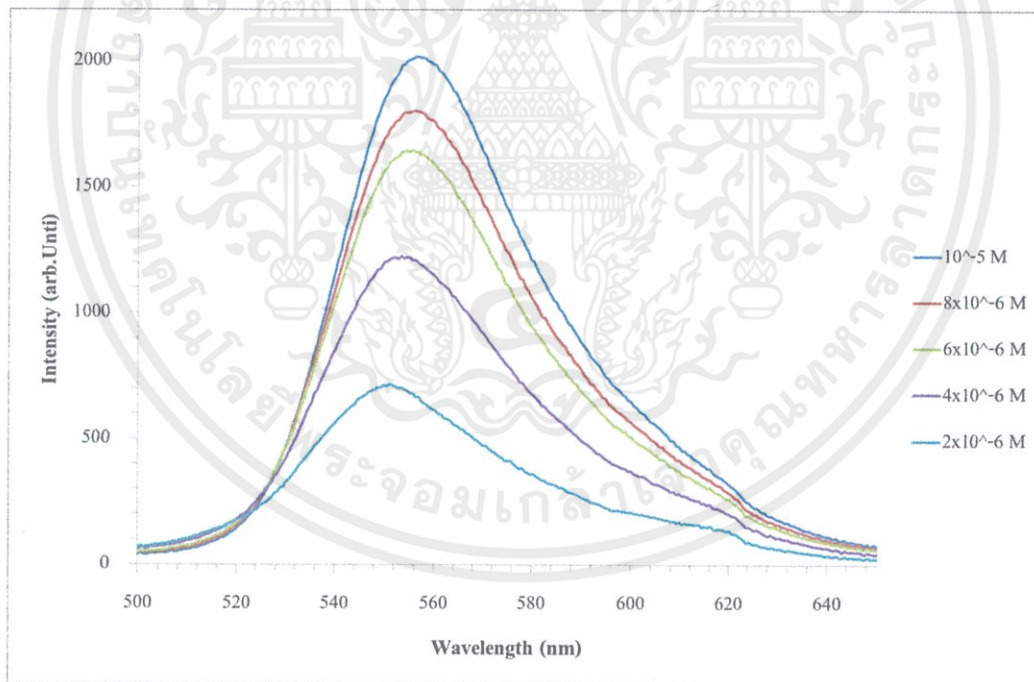
4.1.2 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G)

จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 2×10^{-6} M, 4×10^{-6} M, 6×10^{-6} M, 8×10^{-6} M และ 10^{-5} M จะได้ผลดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ จากกราฟการดูดกลืนแสงจะเห็นว่าสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) มีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารมีค่าสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ดังแสดงในสมการที่ 2.5 และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมการเปล่งแสงจะเห็นการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นฟิคความเข้มแสงเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ดูดกลืนซ้ำ (re-absorption) ของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G)

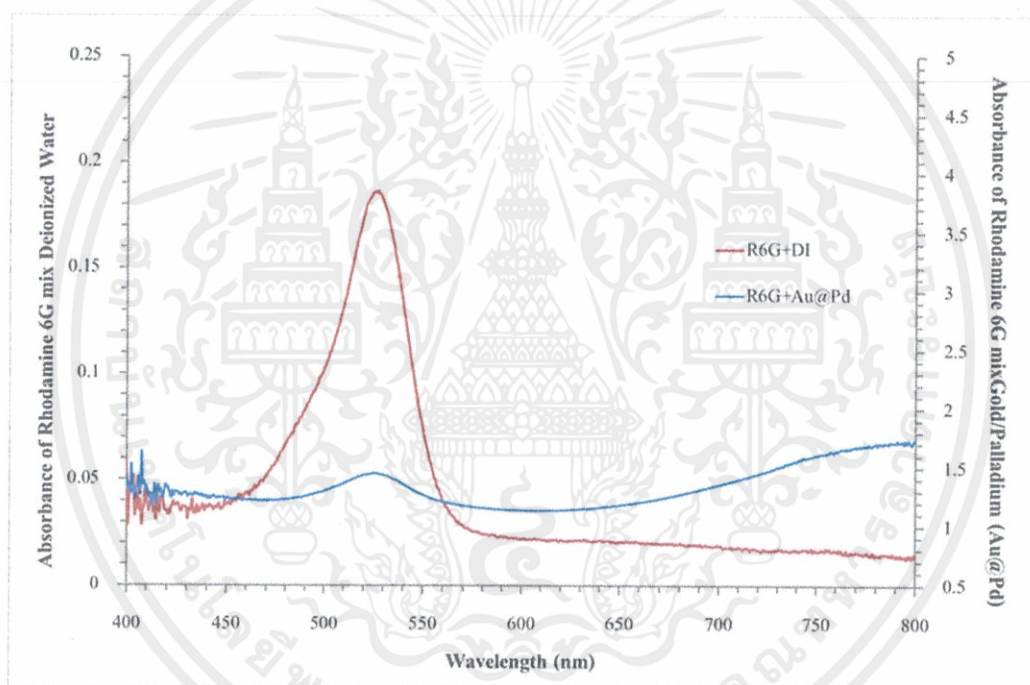


รูปที่ 4.4 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงในรูปของสารละลาย ที่จัดเตรียมจากสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 6×10^{-6} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับน้ำ DI ปริมาตร 1 ml และสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 6×10^{-6} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml จะได้ผลดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

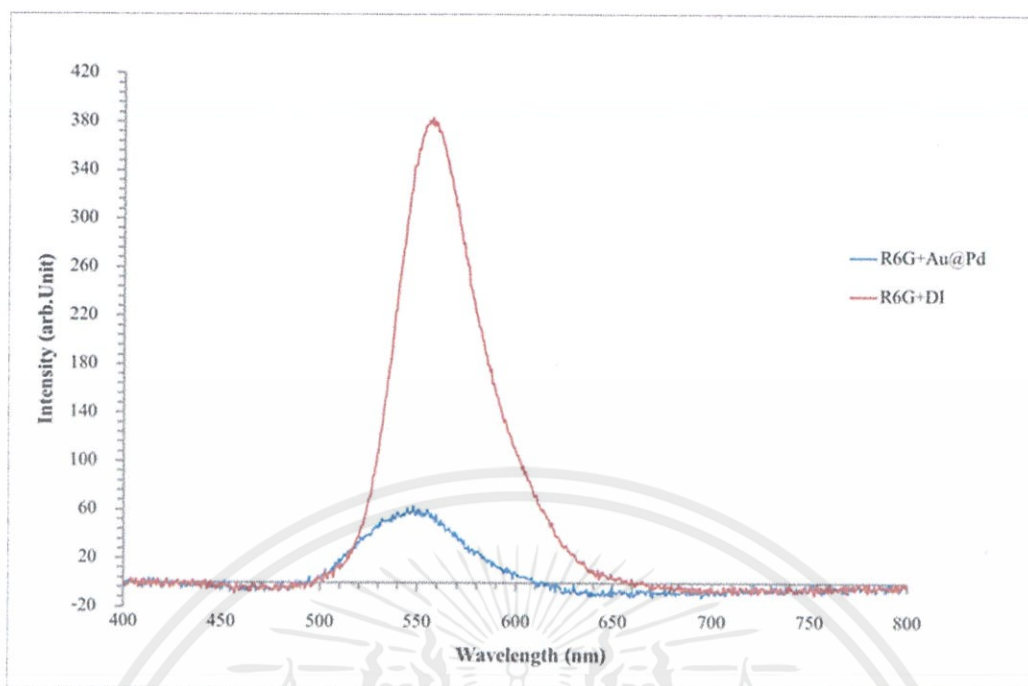


รูปที่ 4.5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

- เส้นที่ 1 (สีแดง) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับน้ำ DI

- เส้นที่ 2 (สีฟ้า) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

- เส้นที่ 1 (สีแดง) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับน้ำ DI
- เส้นที่ 2 (สีฟ้า) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

จากสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจะเห็นว่าพีคการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จะมีค่าพีคสูงกว่าสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI แต่เมื่อพิจารณาสเปกตรัมการเปล่งแสงจะเห็นว่าสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI จะมีความเข้มแสงสูงกว่าสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ประมาณ 6 เท่า ทั้งนี้่าจะมีสาเหตุมาจากที่ความเข้มข้นสูง โมเลกุลของสาร Rhodamine 6G (R6G) และสาร Gold/Palladium (Au@Pd) มีระยะห่างใกล้กัน ทำให้แสงที่ปลดปล่อยออกมาจากสาร Rhodamine 6G (R6G) มีโอกาสที่จะถูกดูดกลืนด้วยโมเลกุลของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่เจือจางด้วยน้ำ DI

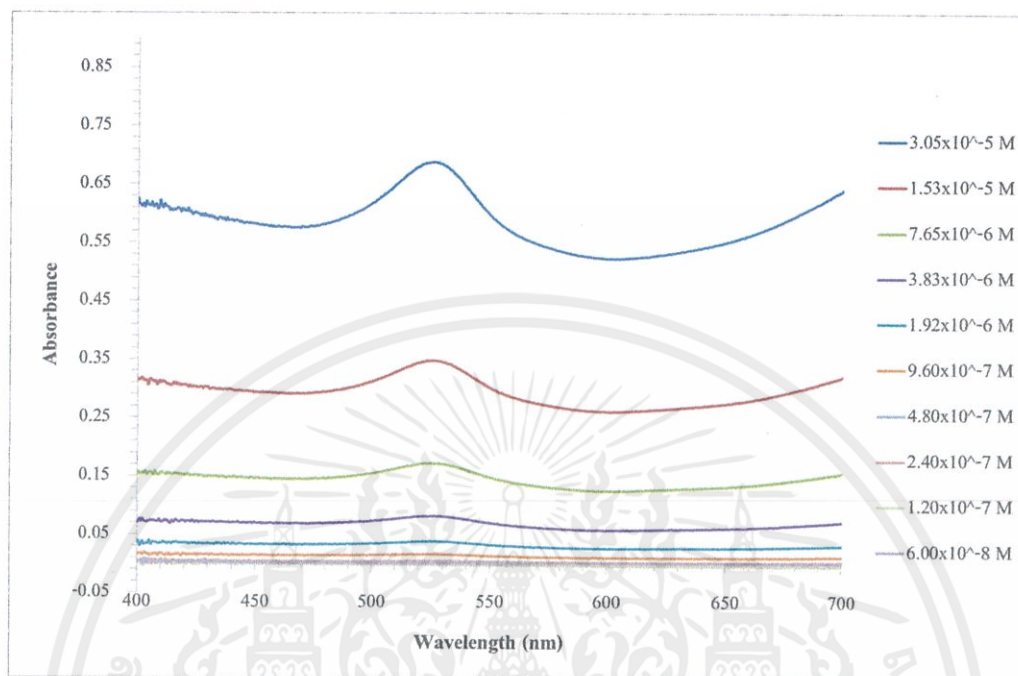
เพื่อศึกษาว่าปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์จะสามารถเกิดขึ้นได้ในสารละลายผสมระหว่าง Gold/Palladium (Au@Pd) และ Rhodamine 6G (R6G) ได้หรือไม่ ผู้ทดลองได้จัดเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นค่าต่างๆอีกจำนวน 10 ความเข้มข้น โดยที่สัดส่วนการผสมของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) และ Rhodamine 6G (R6G) คือ 1: 20.36 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และทำการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย จะได้ผลการวัดแสดงดังรูปที่ 4.7 - 4.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) และสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จำนวน 10 ความเข้มข้น

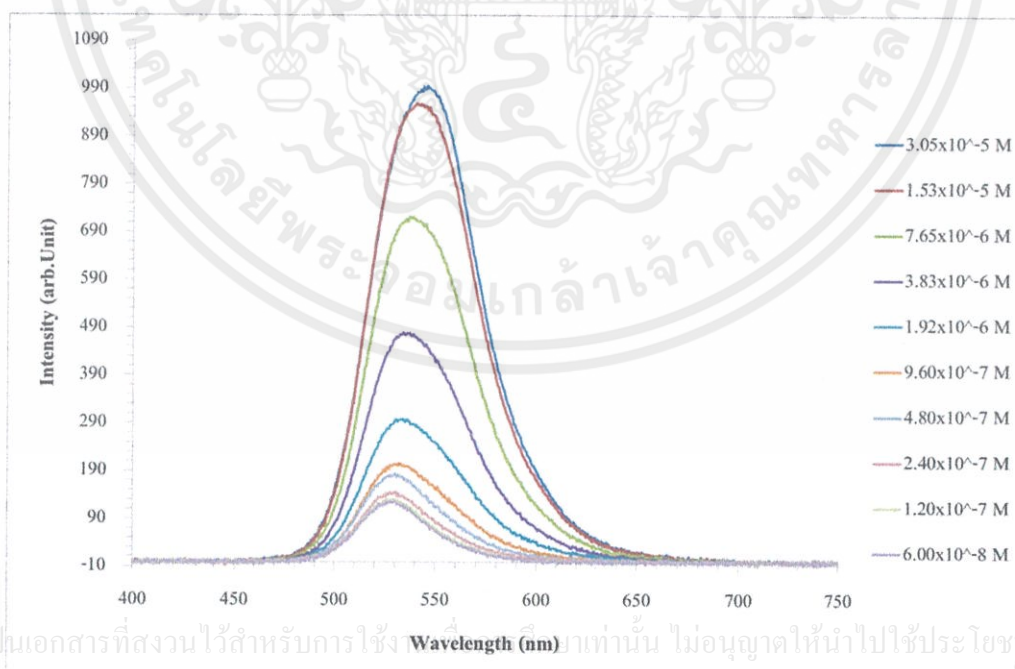
ครั้งที่	ความเข้มข้น	
	สารละลาย Rhodamine 6G (R6G)	สารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)
1	1.50×10^{-6} M	3.05×10^{-5} M
2	7.50×10^{-7} M	1.53×10^{-5} M
3	3.75×10^{-7} M	7.65×10^{-6} M
4	1.88×10^{-7} M	3.83×10^{-6} M
5	9.40×10^{-8} M	1.92×10^{-6} M
6	4.70×10^{-8} M	9.60×10^{-7} M
7	2.35×10^{-8} M	4.80×10^{-7} M
8	1.18×10^{-8} M	2.40×10^{-7} M
9	5.90×10^{-9} M	1.20×10^{-7} M
10	2.95×10^{-9} M	6.00×10^{-8} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4.1 สารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จำนวน 10 ความเข้มข้น



รูปที่ 4.7 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จำนวน 10 ความเข้มข้น

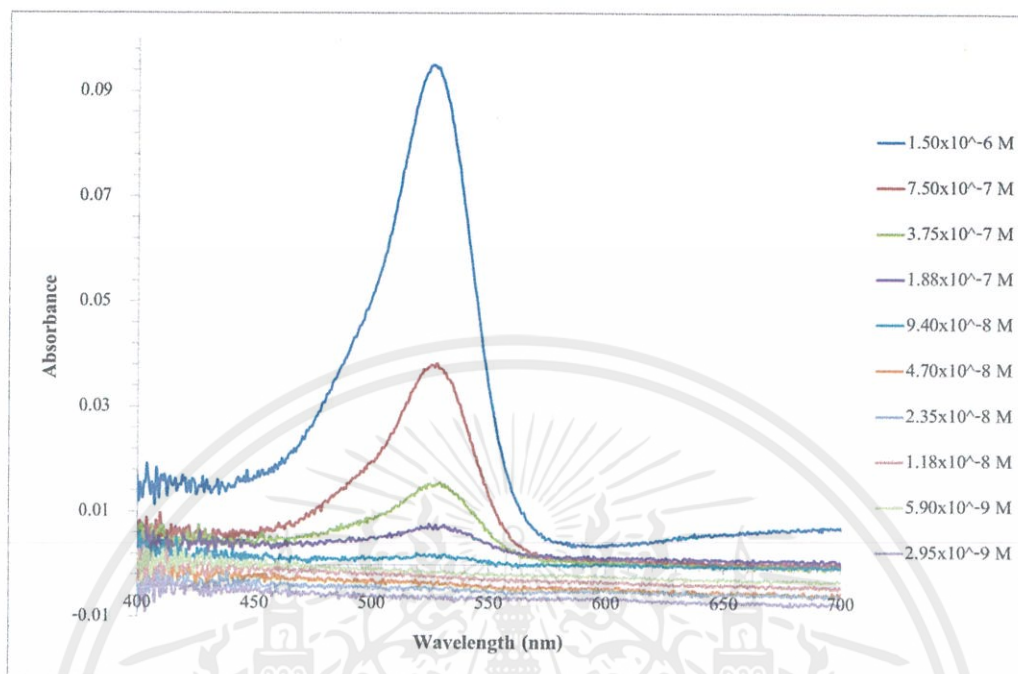


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

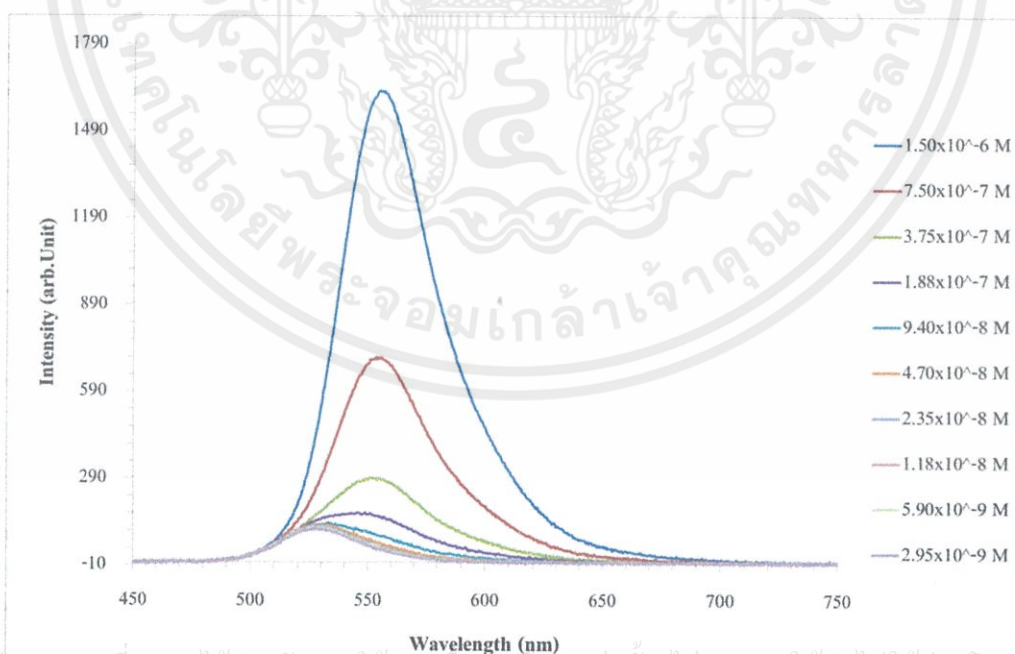
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จำนวน 10 ความเข้มข้น

4.1.4.2 สารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับ น้ำ DI จำนวน 10 ความเข้มข้น



รูปที่ 4.9 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับ น้ำ DI จำนวน 10 ความเข้มข้น

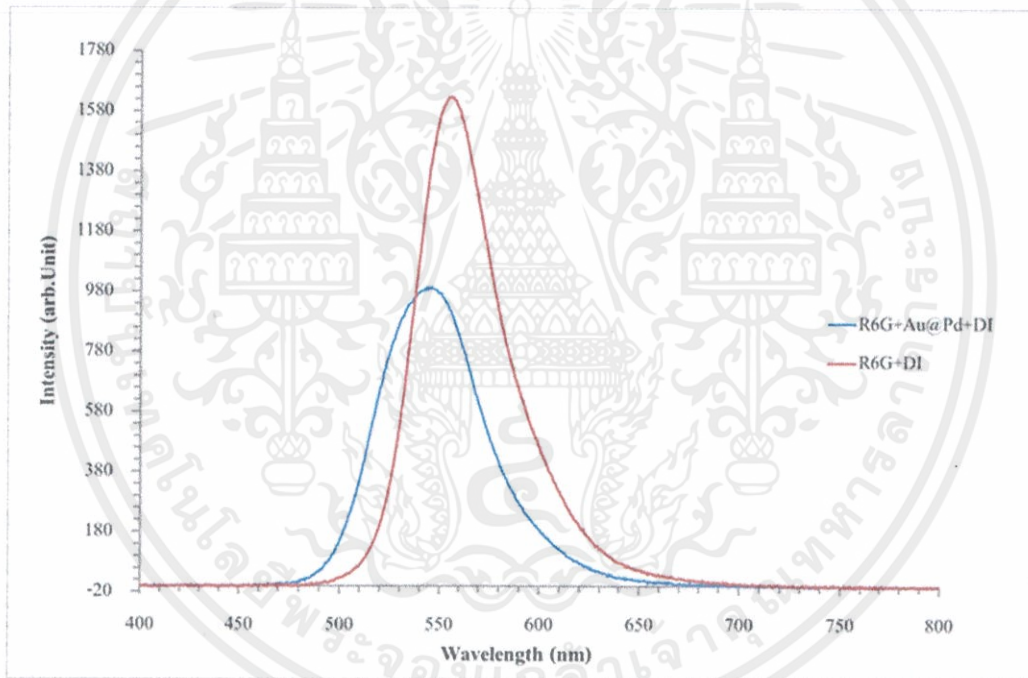


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ กรุณาแจ้งขอขานุญาตทุกครั้งที่มีนำไปใช้

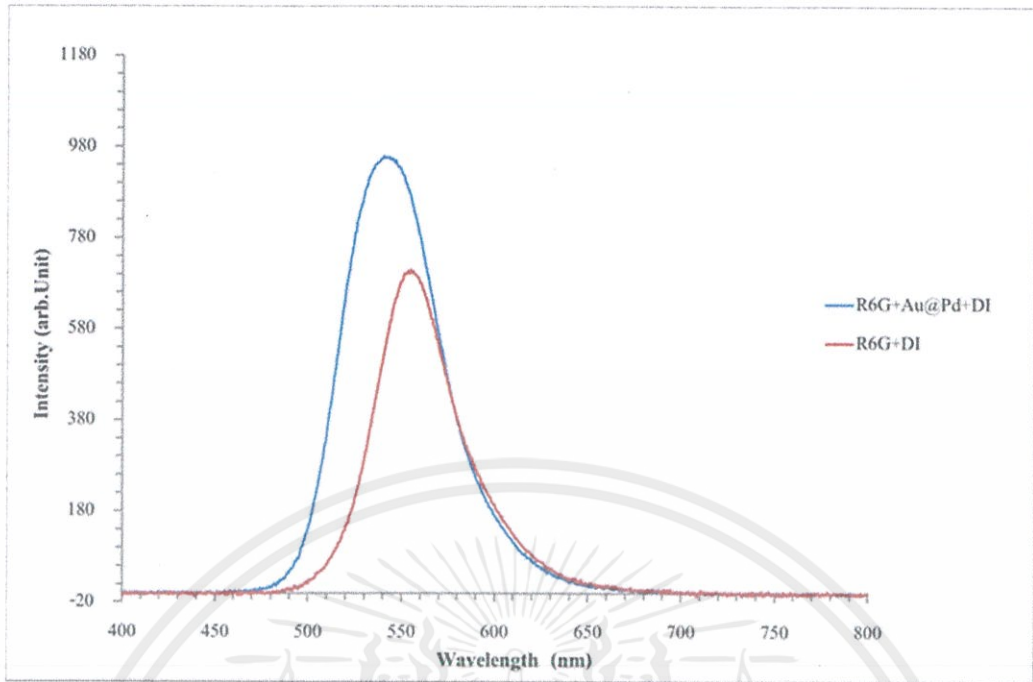
รูปที่ 4.10 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ผสมกับ น้ำ DI จำนวน 10 ความเข้มข้น

เมื่อนำสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) มาเปรียบเทียบกับกัน 10 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะเจือจางด้วยน้ำ DI ปริมาณ 1 ml จะเห็นว่าความเข้มแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI เมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) มีค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่า โดยจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสูงสุดในครั้งที่ 4 ซึ่งสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จะมีพีคสูงกว่าสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI ประมาณ 3 เท่า ดังรูปที่ 4.11 – 4.20 ตามลำดับ

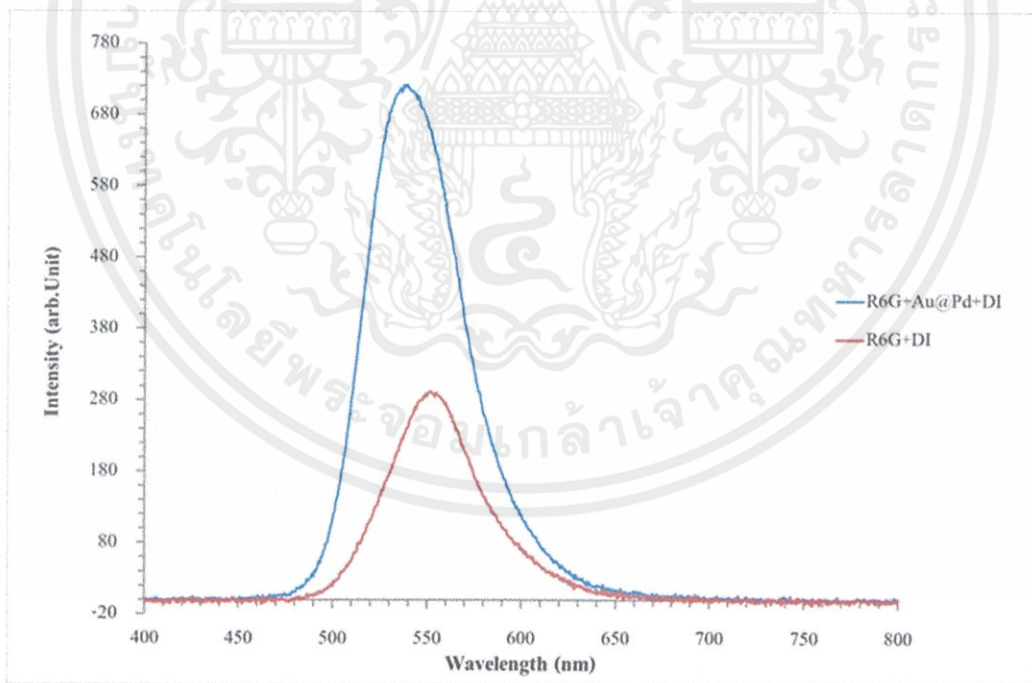


รูปที่ 4.11 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 3.05×10^{-5} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.5×10^{-6} M (ครั้งที่ 1)

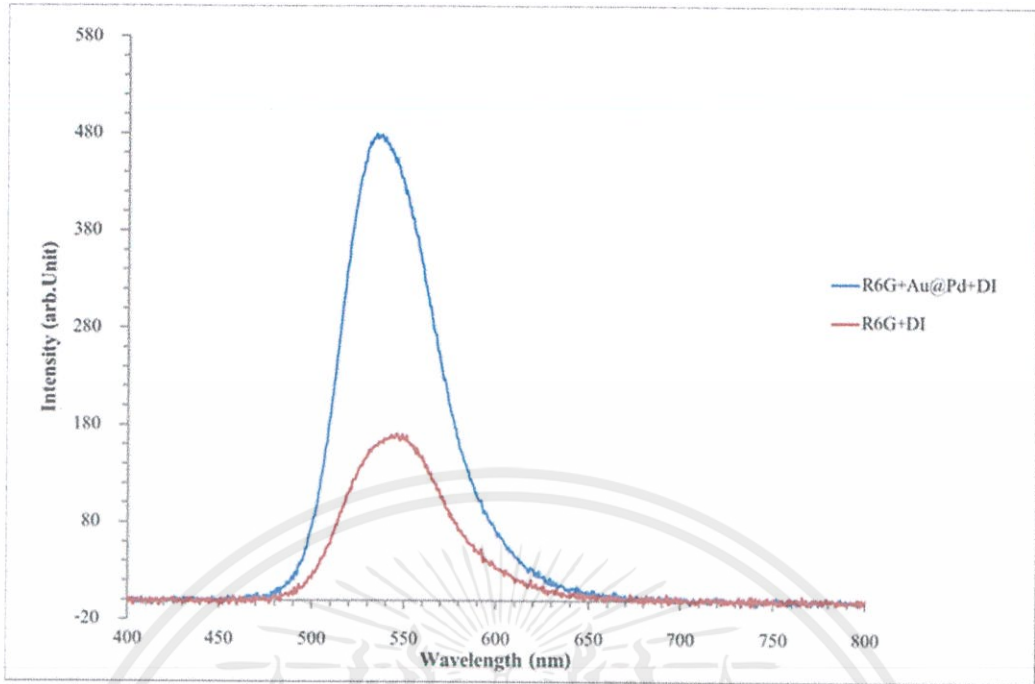
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



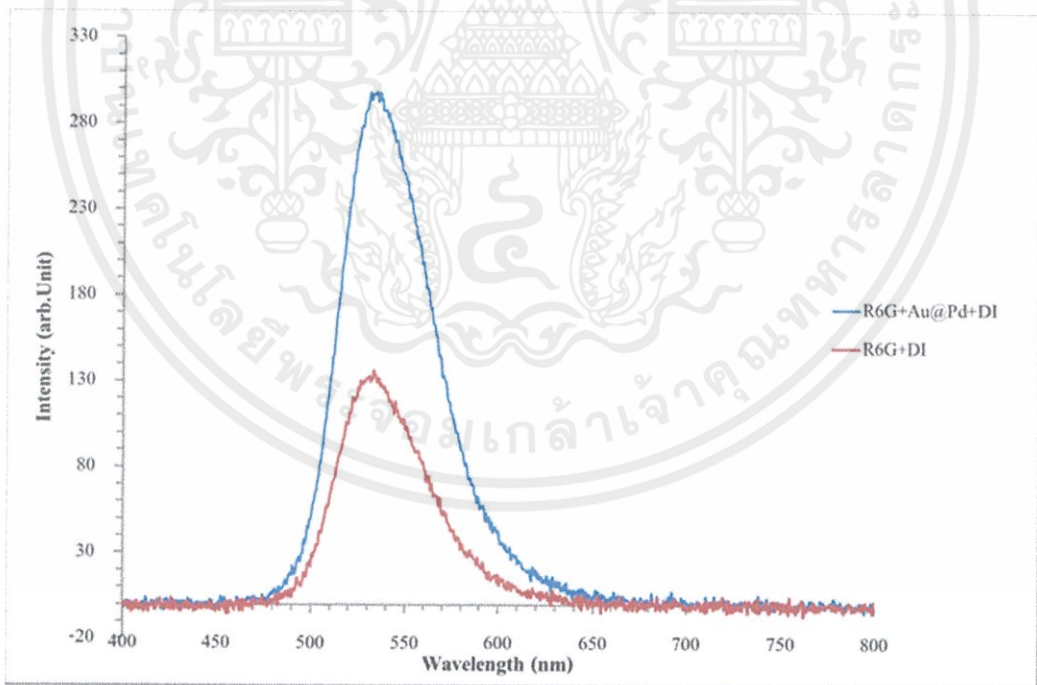
รูปที่ 4.12 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.53×10^{-5} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) R6G ที่มีความเข้มข้น 7.5×10^{-7} M (ครั้งที่ 2)



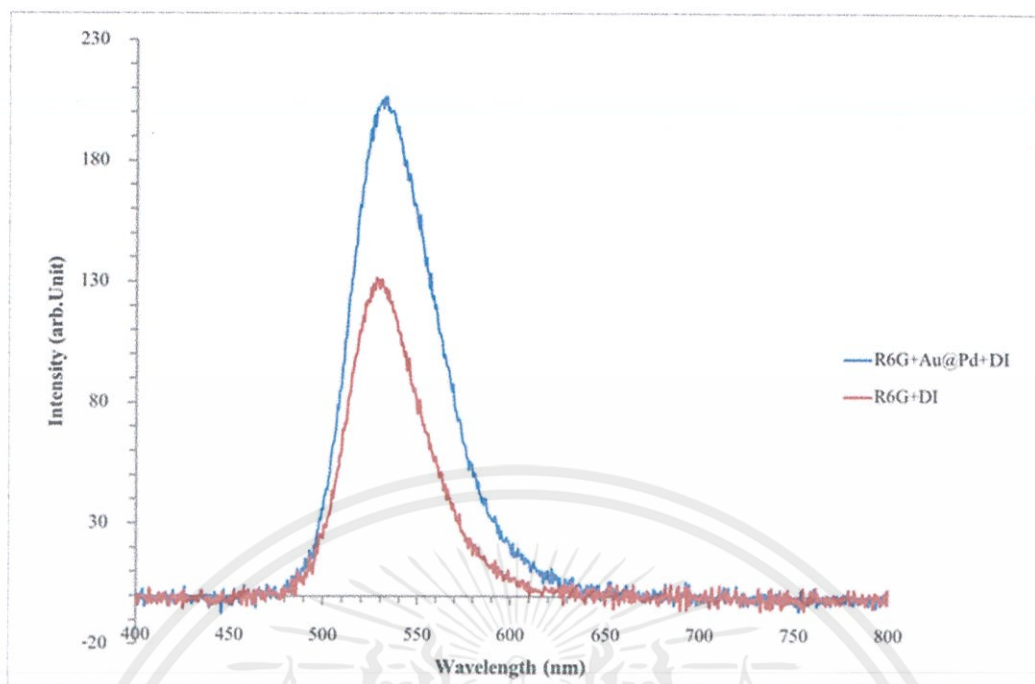
รูปที่ 4.13 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 7.65×10^{-6} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 3.75×10^{-7} M (ครั้งที่ 3)



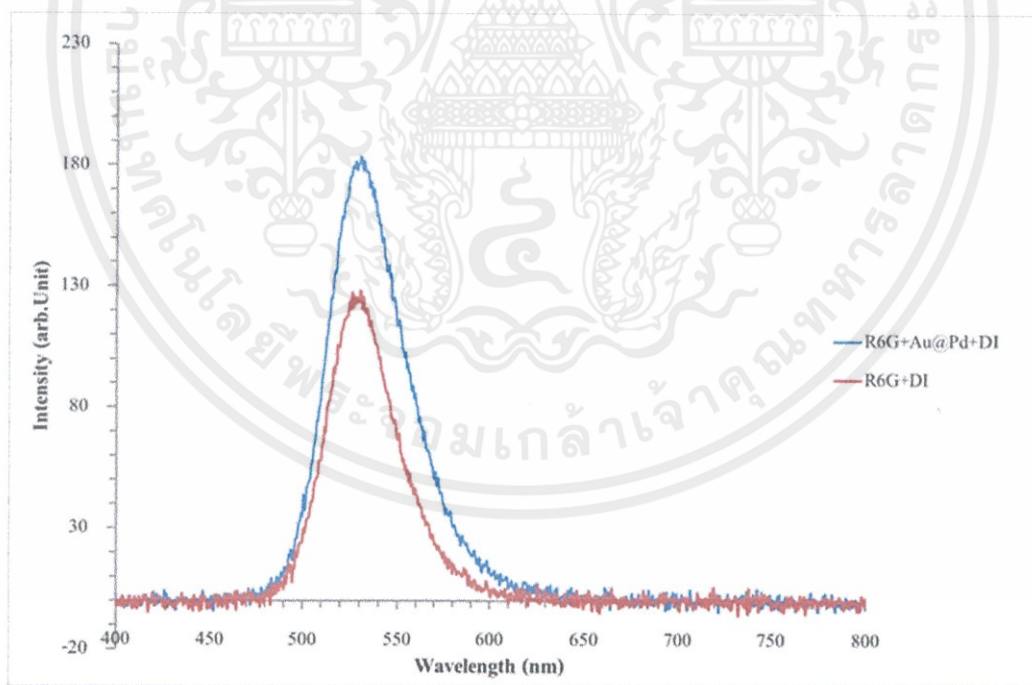
รูปที่ 4.14 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 3.83×10^{-6} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.88×10^{-7} M (ครั้งที่ 4)



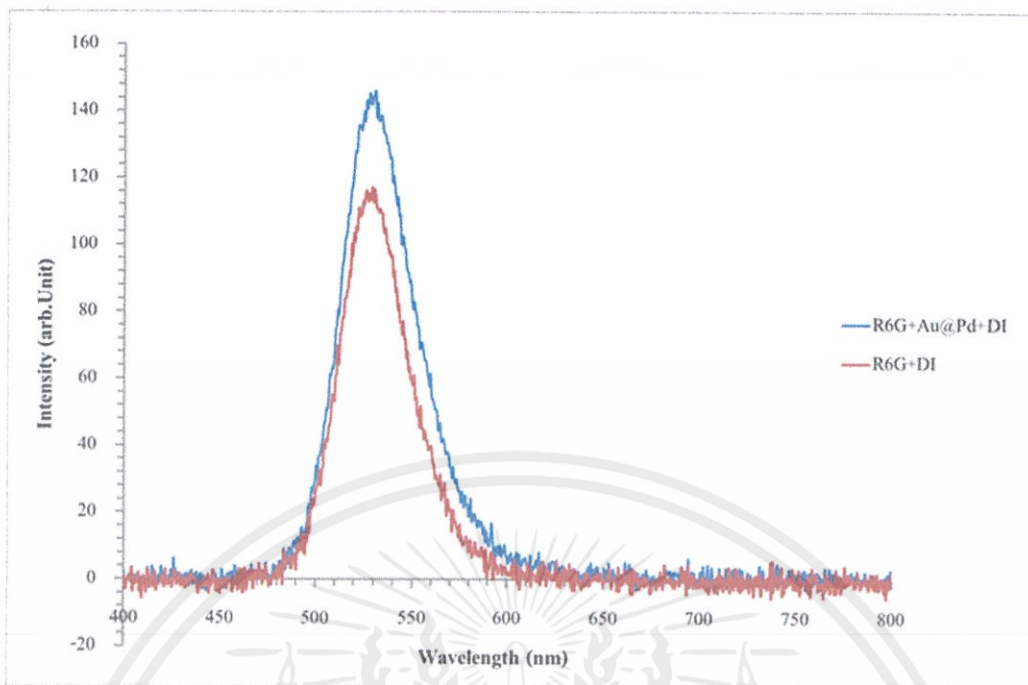
รูปที่ 4.15 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 1.92×10^{-6} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 9.4×10^{-8} M (ครั้งที่ 5)



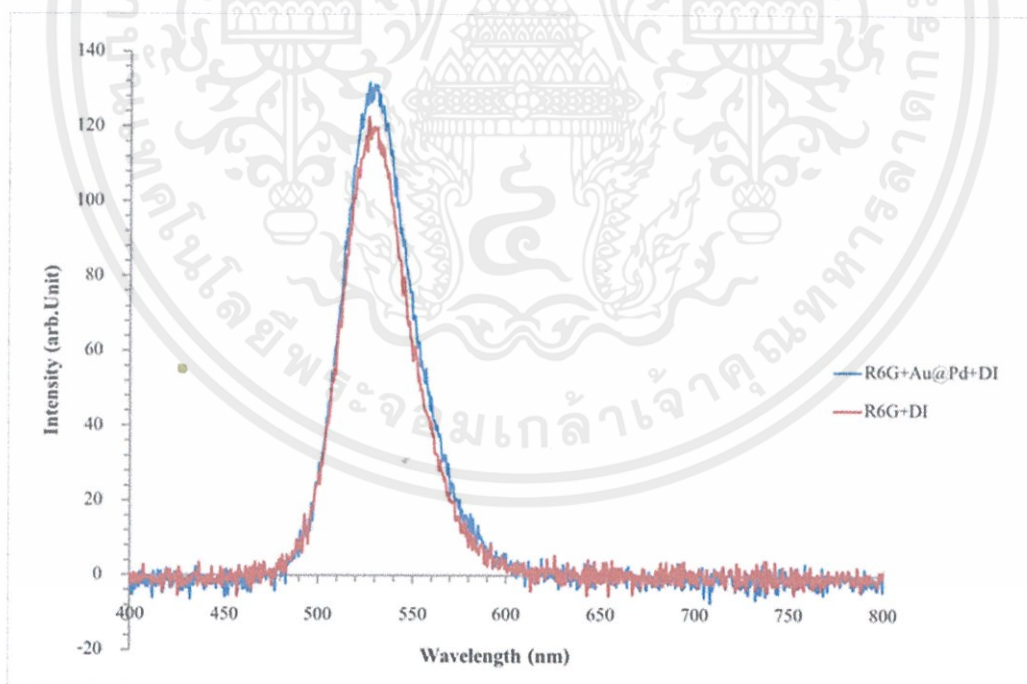
รูปที่ 4.16 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 9.6×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 4.7×10^{-8} M (ครั้งที่ 6)



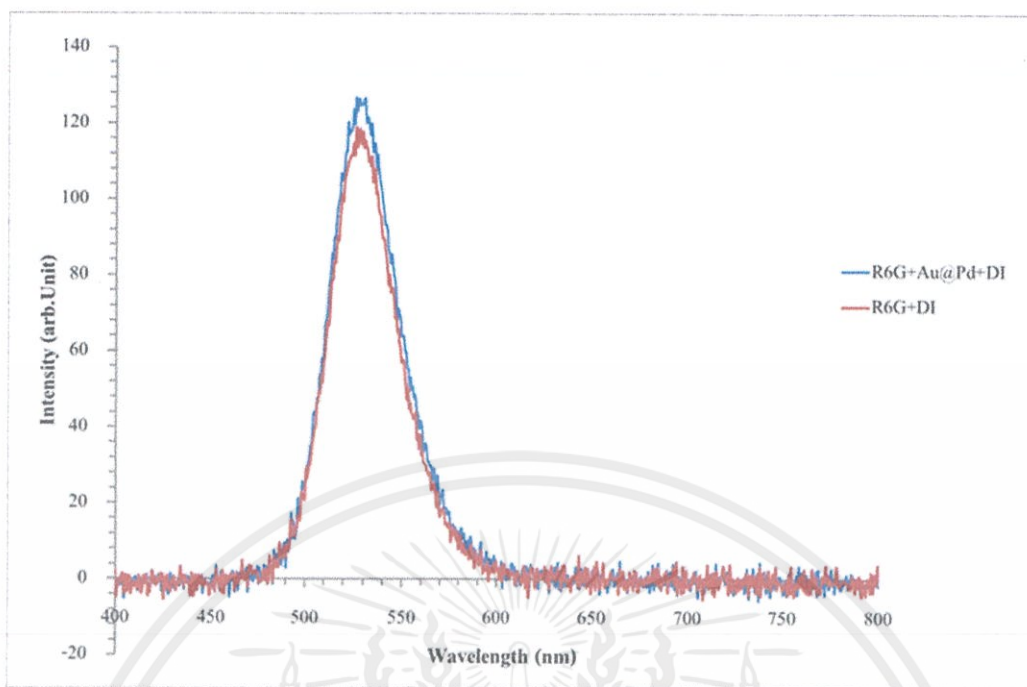
รูปที่ 4.17 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 4.8×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 2.35×10^{-8} M (ครั้งที่ 7)
 "ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"



รูปที่ 4.18 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 2.4×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.18×10^{-8} M (ครั้งที่ 8)



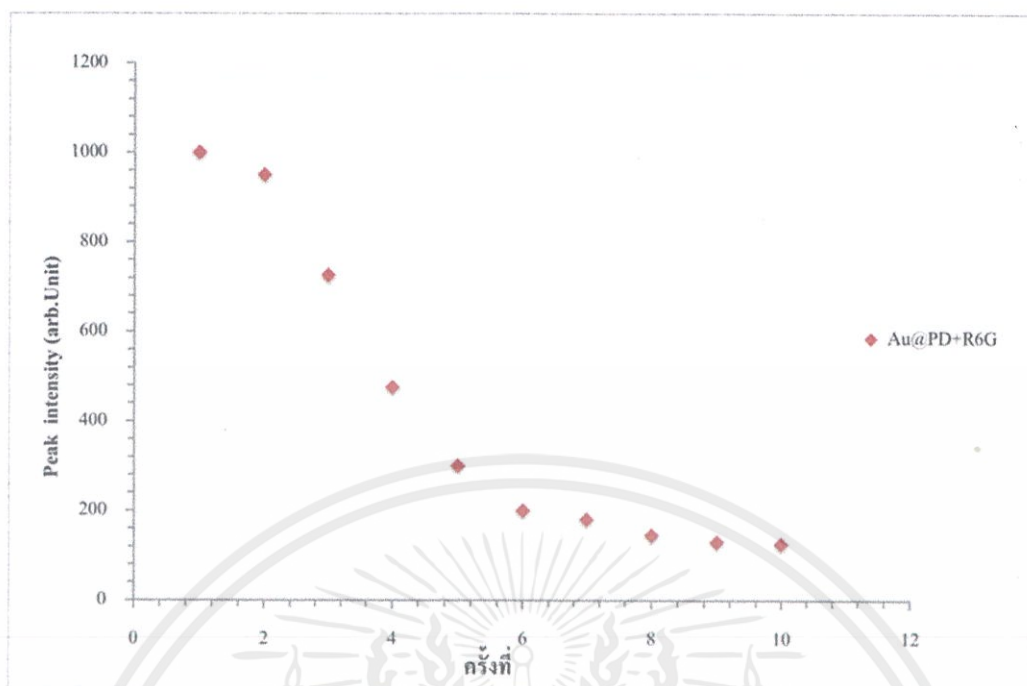
รูปที่ 4.19 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 1.2×10^{-7} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 5.9×10^{-9} M (ครั้งที่ 9) ไม่ว่าจะพิมพ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



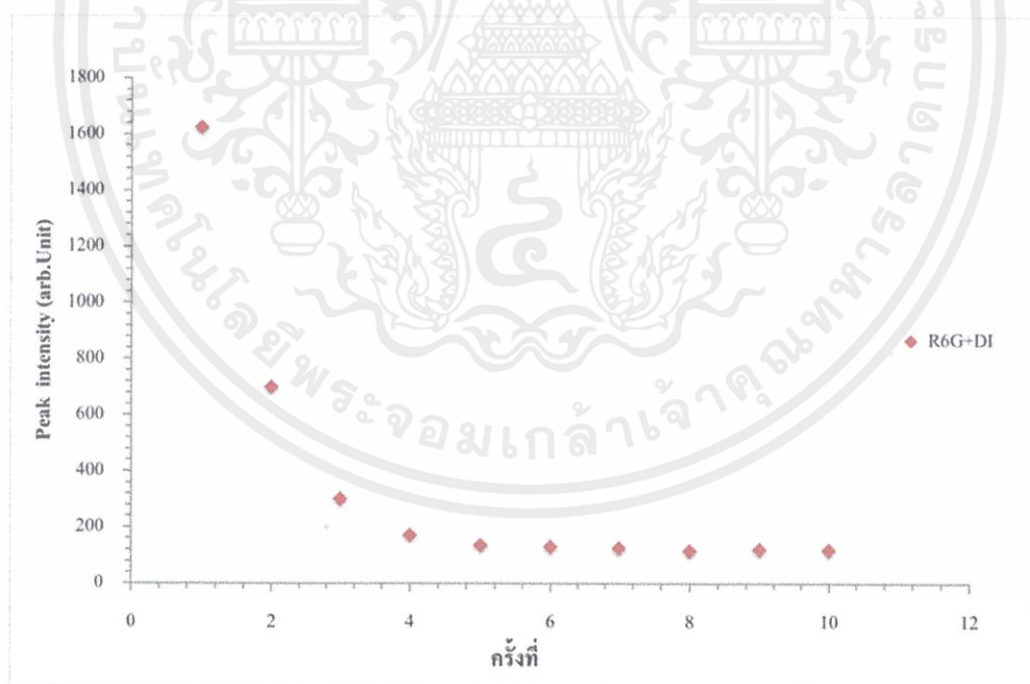
รูปที่ 4.20 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 6×10^{-8} M และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 2.95×10^{-9} M (ครั้งที่ 10)

เมื่อนำค่าพีคการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับ สารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) และสารละลาย Rhodamine R6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีคการเปล่งแสงในแต่ละครั้งกับจำนวนครั้ง 10 ครั้งในการเจือสารละลาย จะได้กราฟที่มีแนวโน้ม ดังรูปที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีคการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) กับจำนวนครั้งในการเจือสารละลาย



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีคการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI กับจำนวนครั้งในการเจือสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการคำนวณค่าอัตราส่วนของฟลูออเรสเซนซ์ของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) โดยอาศัยสมการ

$$R = \frac{\text{Peak R6G} + \text{Au@Pd}}{\text{Peak R6G} + \text{DI}} \quad (4.1)$$

โดย R คือ ค่าอัตราส่วนของฟลูออเรสเซนซ์ของสารละลาย

และเมื่อนำ R และความเข้มข้นของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) มาพลอตกราฟความสัมพันธ์ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.23 ดังนั้น จะเห็นได้ว่า เมื่อผสมสารด้วยเงื่อนไขที่เหมาะสมคือ สารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.88×10^{-7} M และสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 3.83×10^{-6} M จะทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์ได้ดีที่สุด สังเกตจากการที่ค่าอัตราส่วนมีค่าเพิ่มสูงถึง 3 เท่า



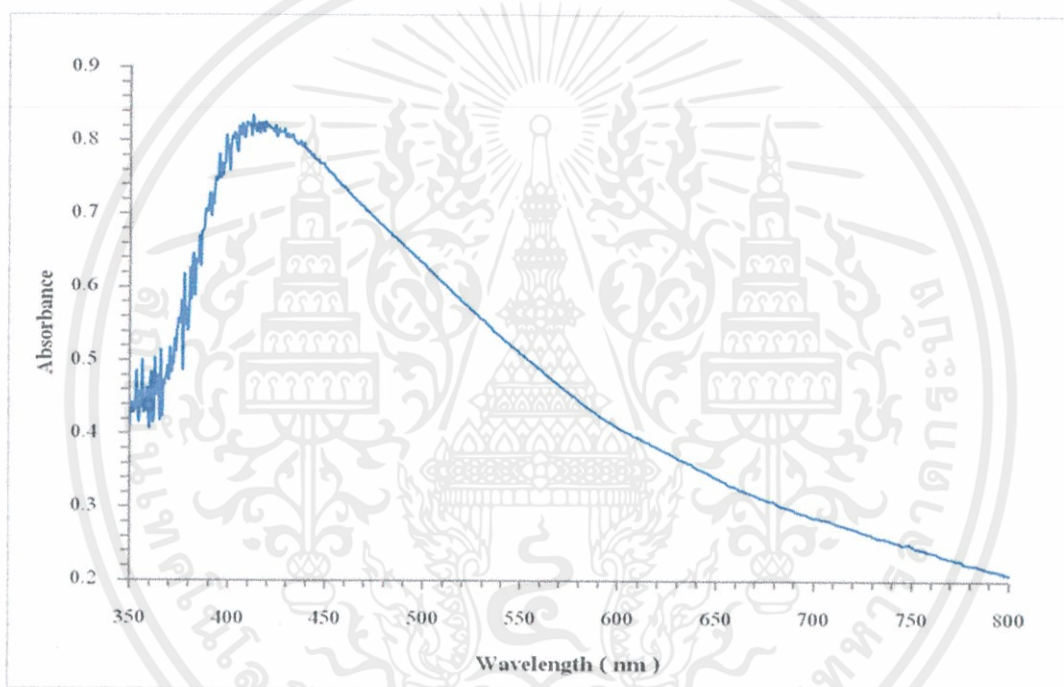
รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลูออเรสเซนซ์กับความเข้มข้นของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสารสีย้อม Coumarin 153 และสารละลาย Pd (porous)

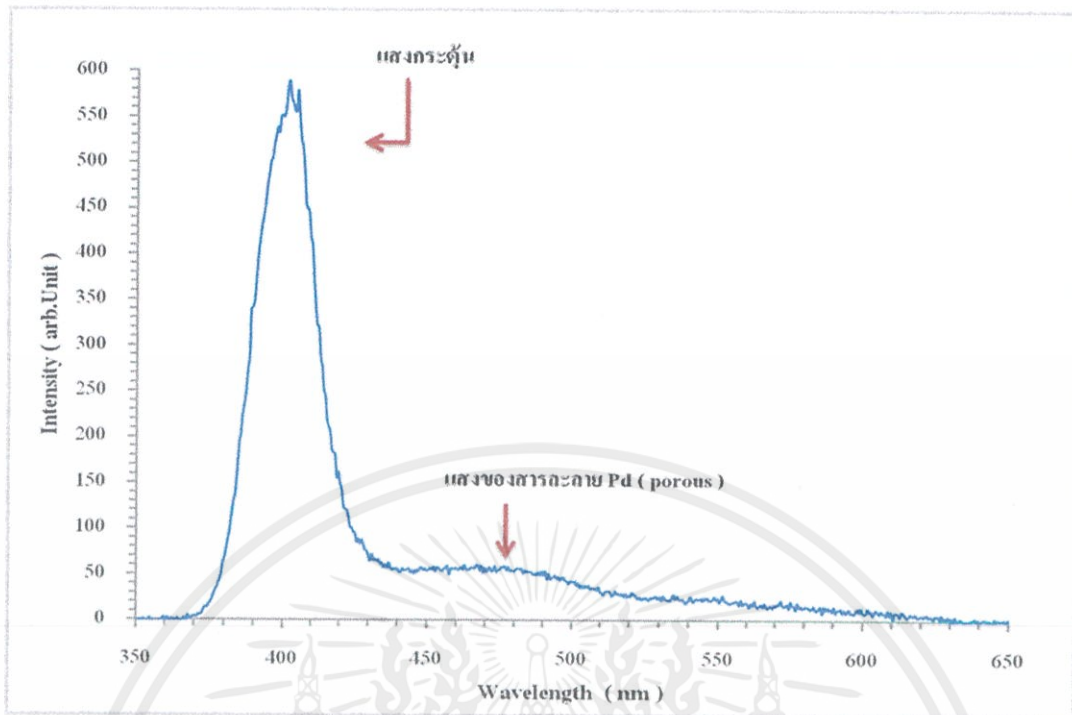
4.2.1 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Pd(porous)

การวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ซึ่งเป็นอนุภาคระดับนาโนที่มีความเข้มข้น 4.7×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrometer โดยอาศัยขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2 ได้ผลดังรูปที่ 4.24 และ 4.25 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลาย Pd(porous) จะมีพีคการดูดกลืนอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 414 นาโนเมตร และมีพีคการเปล่งแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 476 นาโนเมตร



รูปที่ 4.24 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Pd(porous) ปริมาตร 1 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

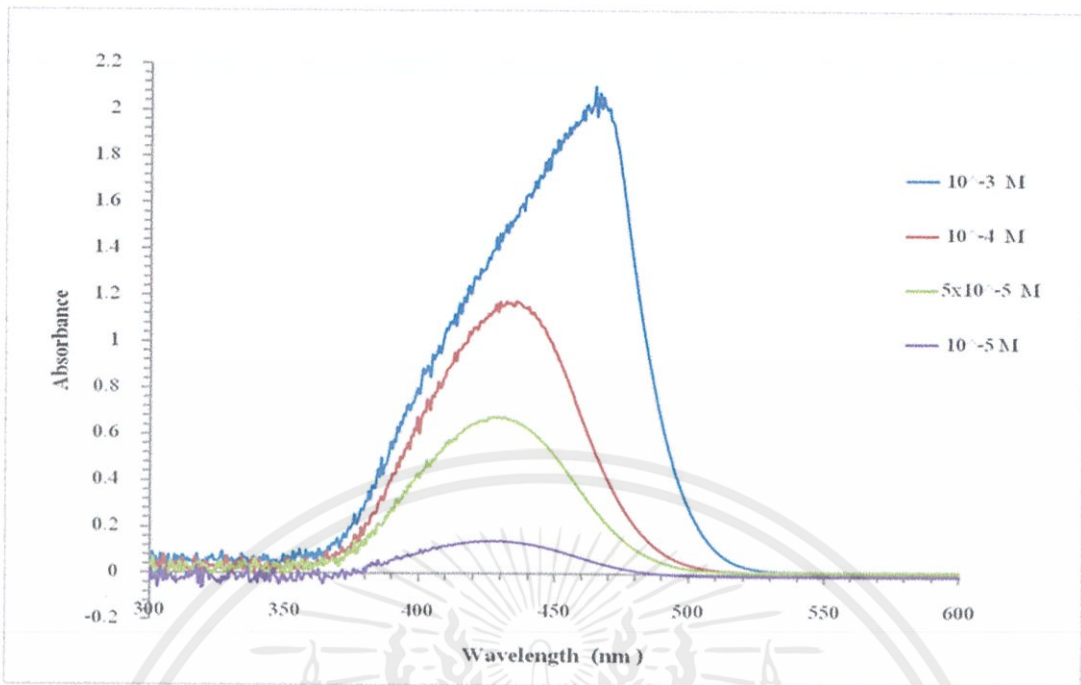


รูปที่ 4.25 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ปริมาตร 1 ml กระตุ้นด้วยแสง LED ที่มีความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร

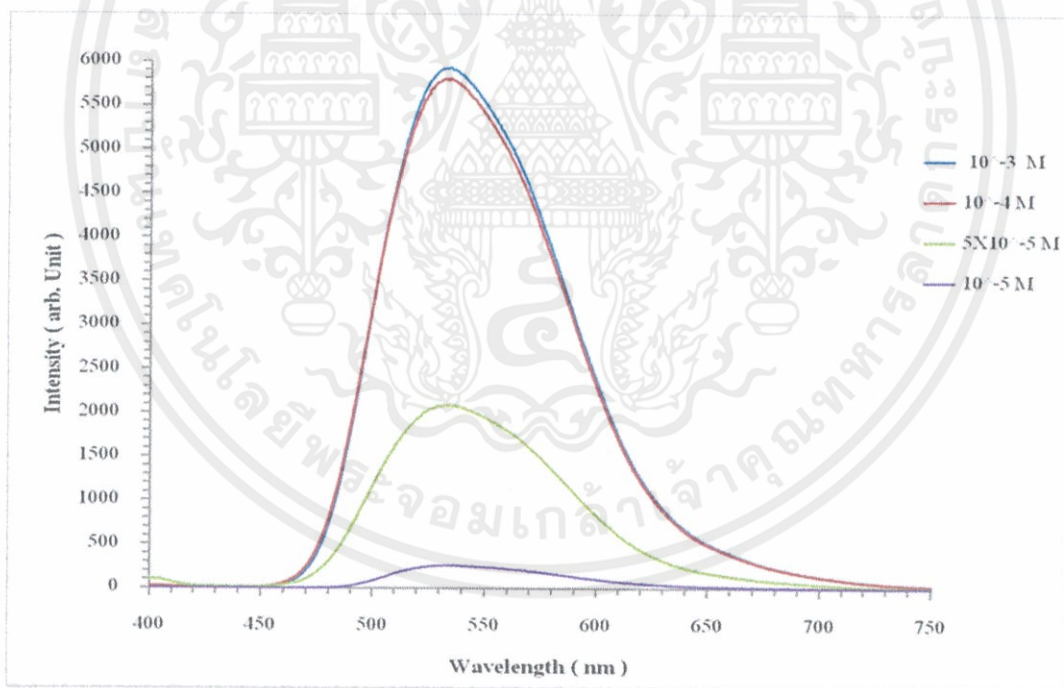
4.2.2 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Coumarin 153

จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 10^{-3} M, 10^{-4} M, 5×10^{-5} M และ 10^{-5} M จะได้ผลดังรูปที่ 4.26 และ 4.27 ตามลำดับ จากกราฟการดูดกลืนจะเห็นว่าสารละลาย Coumarin 153 มีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกฎของเบียร์ - แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ดังแสดงในสมการที่ 2.5 และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมการเปล่งแสงจะเห็นการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นพีคความเข้มแสงเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเข้มข้นสูงจะเกิดปรากฏการณ์ดูดกลืนซ้ำ (re-absorption) ของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้นค่าต่างๆ

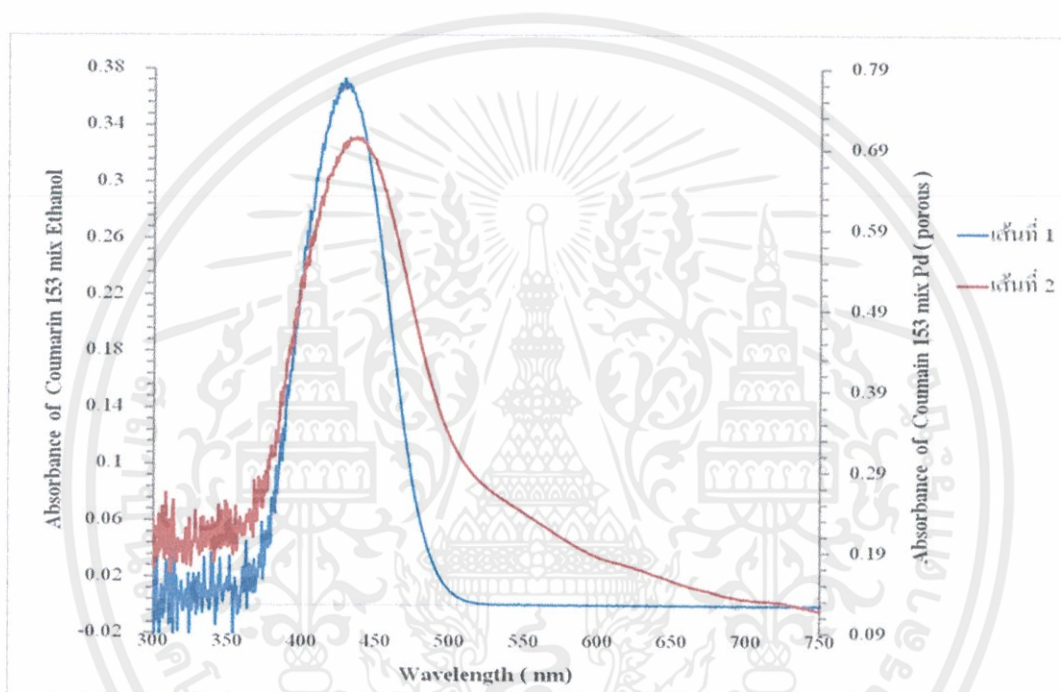


รูปที่ 4.27 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้นค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับ Ethanol และสารสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับ Pd(porous)

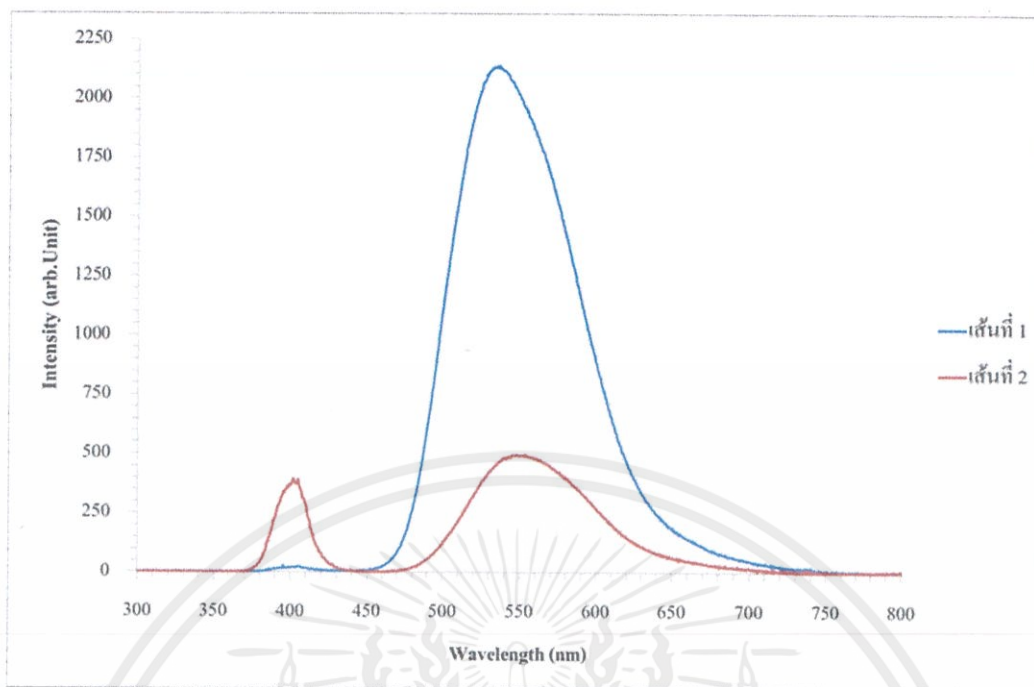
จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงในรูปของสารละลาย ที่จัดเตรียมจากสารสีย้อม Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 5×10^{-5} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับ Ethanol ในปริมาตร 1 ml และสารสีย้อม Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 5×10^{-5} M ปริมาตร 1 ml ผสมกับสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 4.7×10^{-4} M ในปริมาตร 1 ml จะได้ผลดังรูปที่ 4.28 และ 4.29 ตามลำดับ



รูปที่ 4.28 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol และสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ สารละลาย Pd(porous)

- เส้นที่ 1 (เส้นสีฟ้า) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับ Ethanol ปริมาตร 1 ml
- เส้นที่ 2 (เส้นสีแดง) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับ สารละลาย Pd(porous) ปริมาตร 1 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol และสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ สารละลาย Pd(porous)

- เส้นที่ 1 (เส้นสีฟ้า) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับ Ethanol ปริมาตร 1 ml
- เส้นที่ 2 (เส้นสีแดง) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับ สารละลาย Pd(porous) ปริมาตร 1 ml

จากสเปกตรัมการดูดกลืนจะเห็นว่าพีคการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสาร Pd(porous) จะมีค่าสูงกว่าสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol แต่เมื่อพิจารณากราฟการเปล่งแสงจะเห็นว่า สารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol จะมีความเข้มแสงสูงกว่าสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) ประมาณ 3.5 เท่า ทั้งนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากที่ความเข้มข้นสูง โมเลกุลของสาร Coumarin 153 และ Pd(porous) มีระยะห่างใกล้กัน ทำให้แสงที่ปลดปล่อยออกมาจากสาร Coumarin 153 มีโอกาสที่จะถูกดูดกลืนด้วยโมเลกุลของสารละลาย Pd(porous) สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ที่ผสมกับสารละลาย Pd(porous) และสารละลาย Coumarin 153 ที่เจือจางด้วย Ethanol

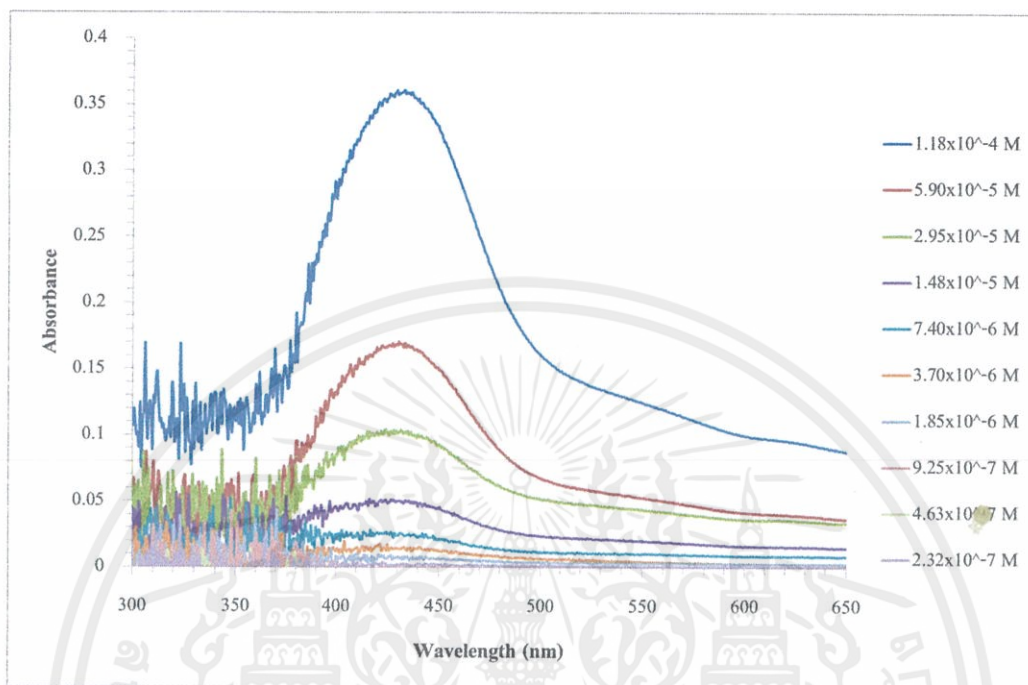
เพื่อศึกษาว่าปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์จะสามารถเกิดขึ้นได้ในสารละลายผสมระหว่าง Pd(porous) และ Coumarin 153 ได้หรือไม่ ผู้ทดลองได้จัดเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นค่าต่างๆอีกจำนวน 10 ความเข้มข้น โดยที่สัดส่วนการผสมของสารละลาย Pd(porous) และ Coumarin 153 คือ 1: 9.40 ดังแสดงในตารางที่ 2 และทำการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนและการเปล่งแสงของสารละลาย ผลการวัดแสดงดังรูปที่ 2.30 – 2.33

ตารางที่ 4.2 แสดงความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 และสารละลาย Pd(porous) จำนวน 10 ความเข้มข้น

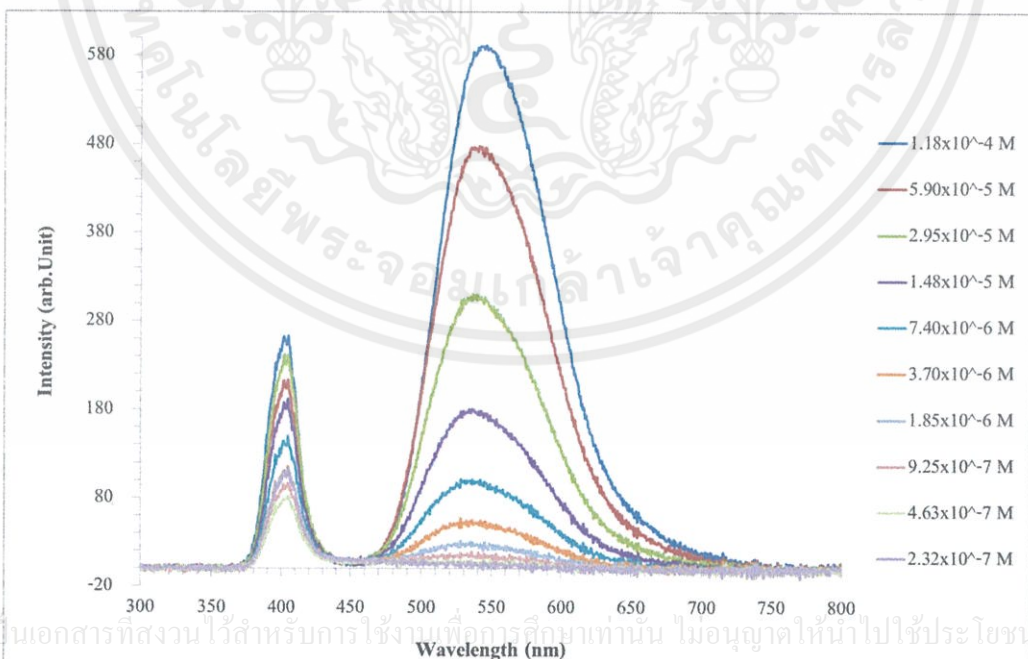
ครั้งที่	ความเข้มข้น	
	สารละลาย Coumarin	สารละลาย Pd(porous)
1	1.25×10^{-5} M	1.18×10^{-4} M
2	6.25×10^{-6} M	5.90×10^{-5} M
3	3.13×10^{-6} M	2.95×10^{-5} M
4	1.57×10^{-6} M	1.48×10^{-5} M
5	7.85×10^{-7} M	7.40×10^{-6} M
6	3.93×10^{-7} M	3.70×10^{-6} M
7	1.97×10^{-7} M	1.85×10^{-6} M
8	9.85×10^{-8} M	9.25×10^{-7} M
9	4.93×10^{-8} M	4.63×10^{-7} M
10	2.47×10^{-8} M	2.32×10^{-7} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.1 สารละลาย Coumarin 153 ที่ผสมกับสารละลาย Pd(porous) จำนวน 10 ความเข้มข้น



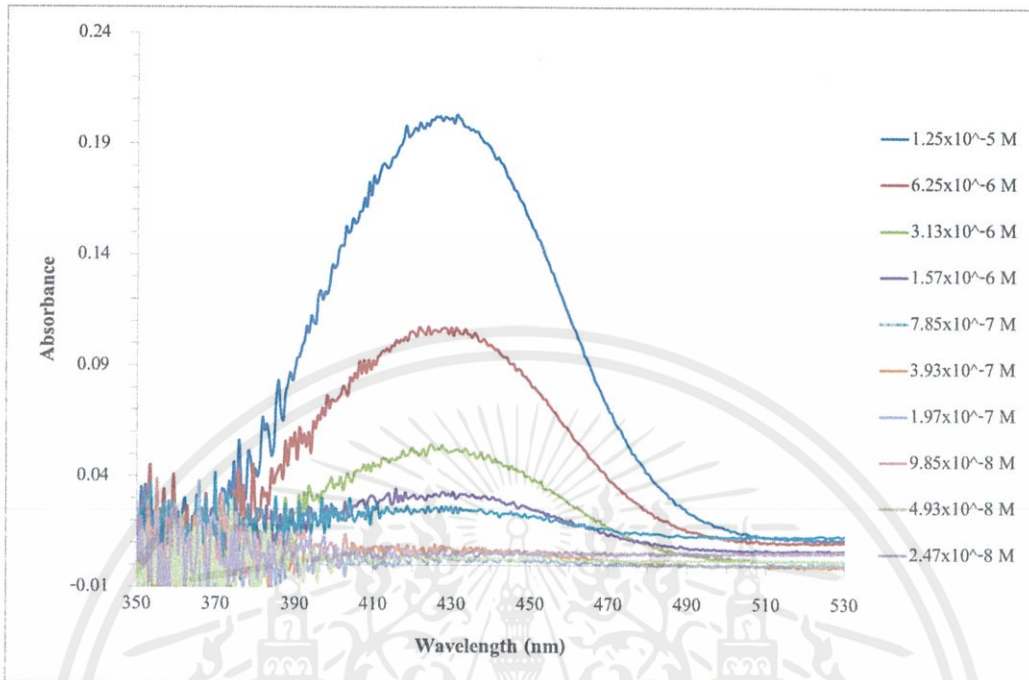
รูปที่ 4.30 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) จำนวน 10 ความเข้มข้น



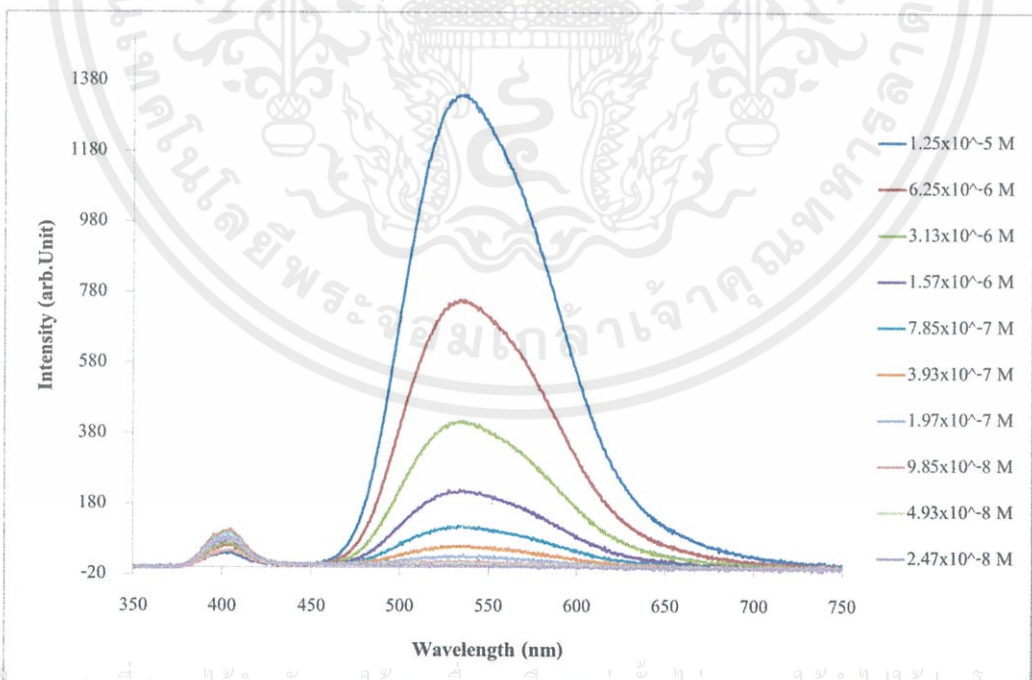
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.31 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ สารละลาย Pd(porous) จำนวน 10 ความเข้มข้น

4.2.4.2 สารละลาย Coumarin 153 ที่ผสมกับน้ำ Ethanol จำนวน 10 ความเข้มข้น



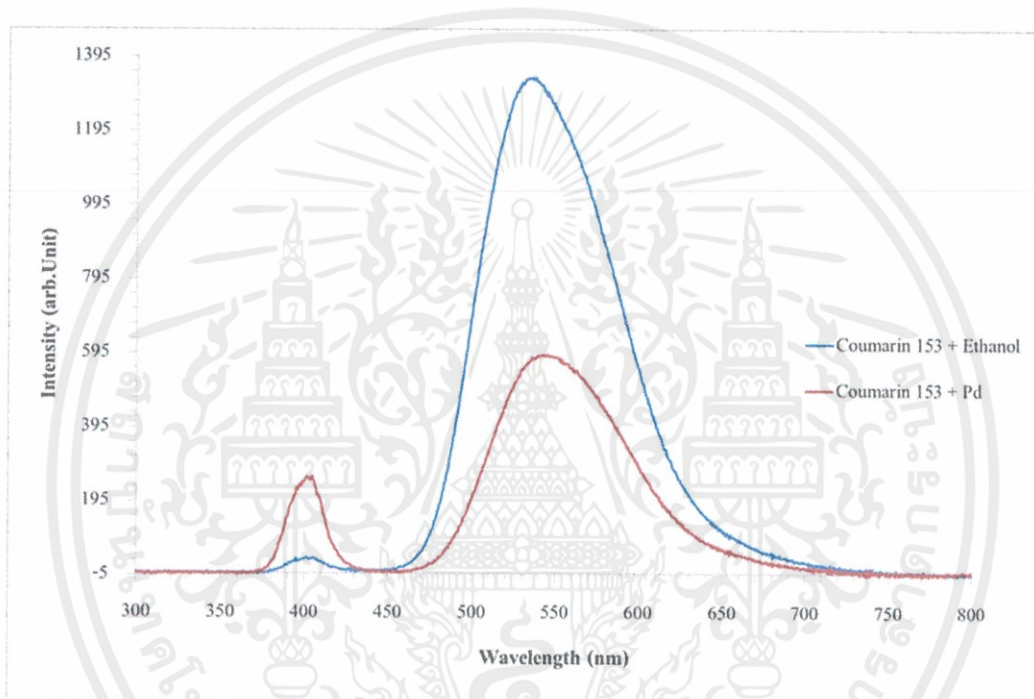
รูปที่ 4.32 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol จำนวน 10 ความเข้มข้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

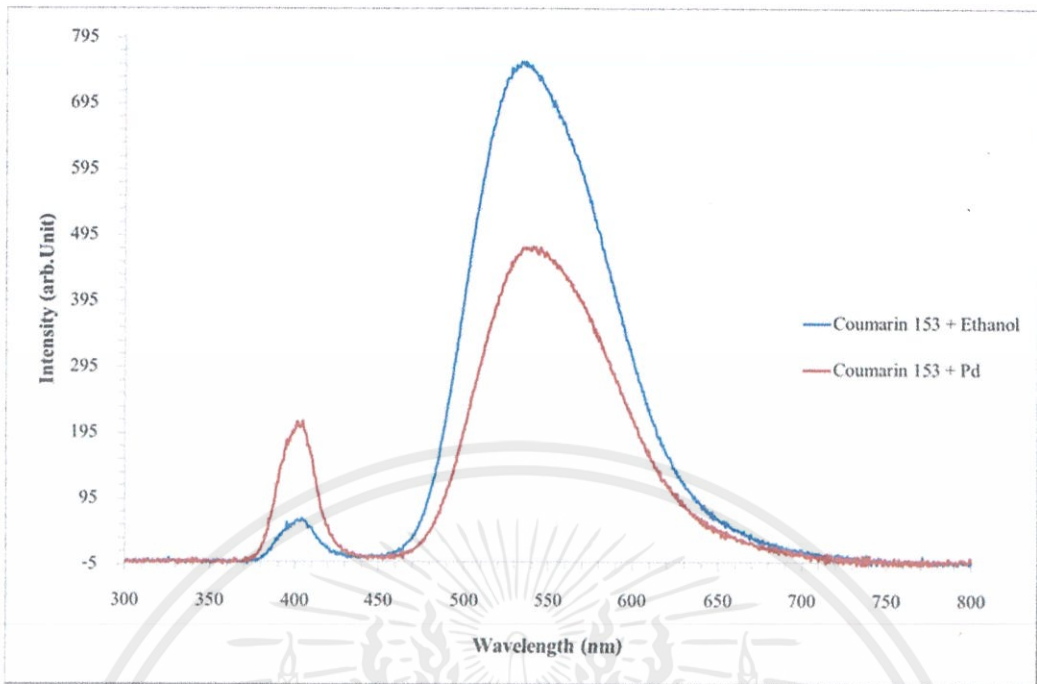
รูปที่ 4.33 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol จำนวน 10 ความเข้มข้น

เมื่อนำสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับน้ำ Ethanol และสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Pd(porous) มาเปรียบเทียบกัน 10 ครั้ง โดยจะเจือจางด้วย Ethanol ปริมาตร 1 ml จะเห็นว่าความเข้มแสงของสาร Coumarin 153 ผสมกับ Pd(porous) มีแนวโน้มค่าพีคที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol เมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Pd(porous) มีค่าความเข้มข้นที่ต่ำ โดยจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสูงสุดในครั้งที่ 7 ซึ่งสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Pd(porous) จะมีพีคสูงกว่าสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol ประมาณ 1 เท่า ดังรูปที่ 4.34 – 4.43 ตามลำดับ

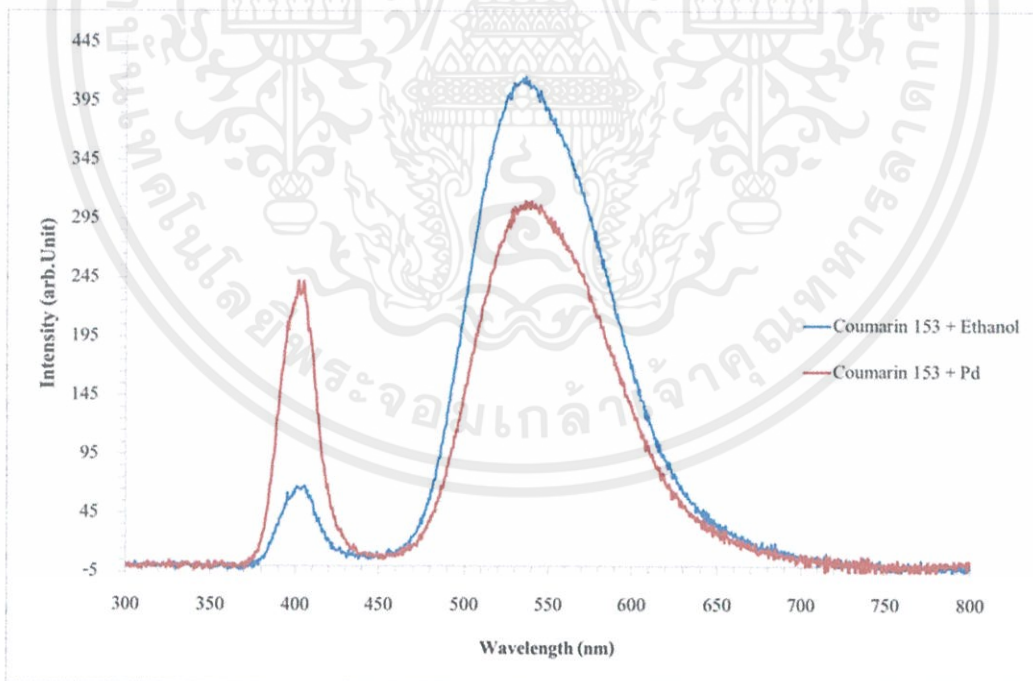


รูปที่ 4.34 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 1.18×10^{-4} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.25×10^{-5} M (ครั้งที่ 1)

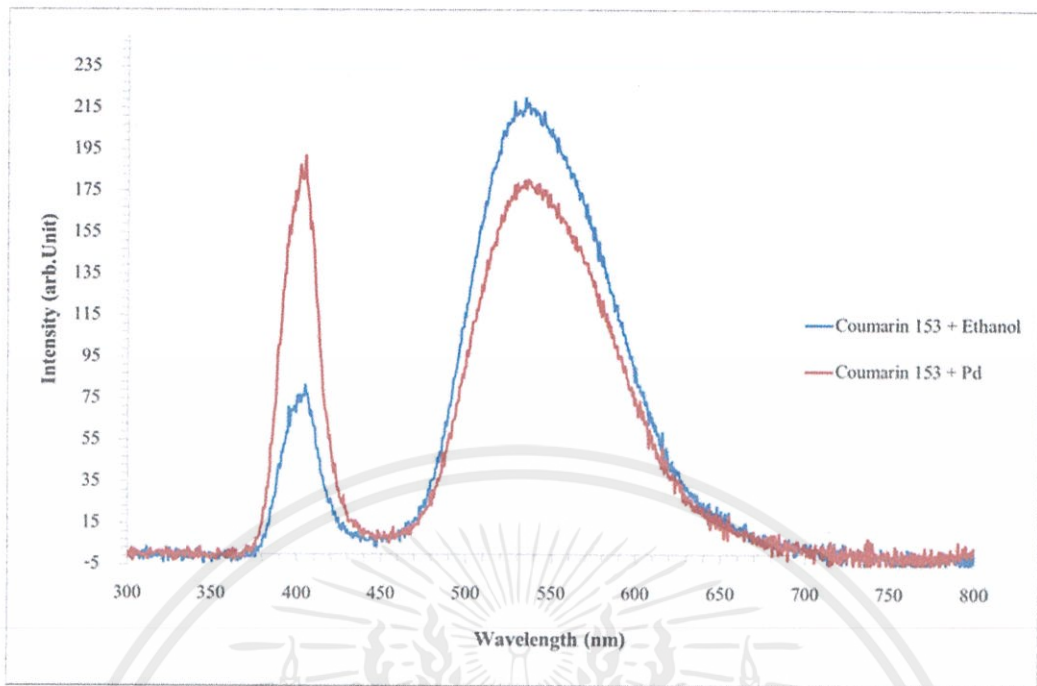
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



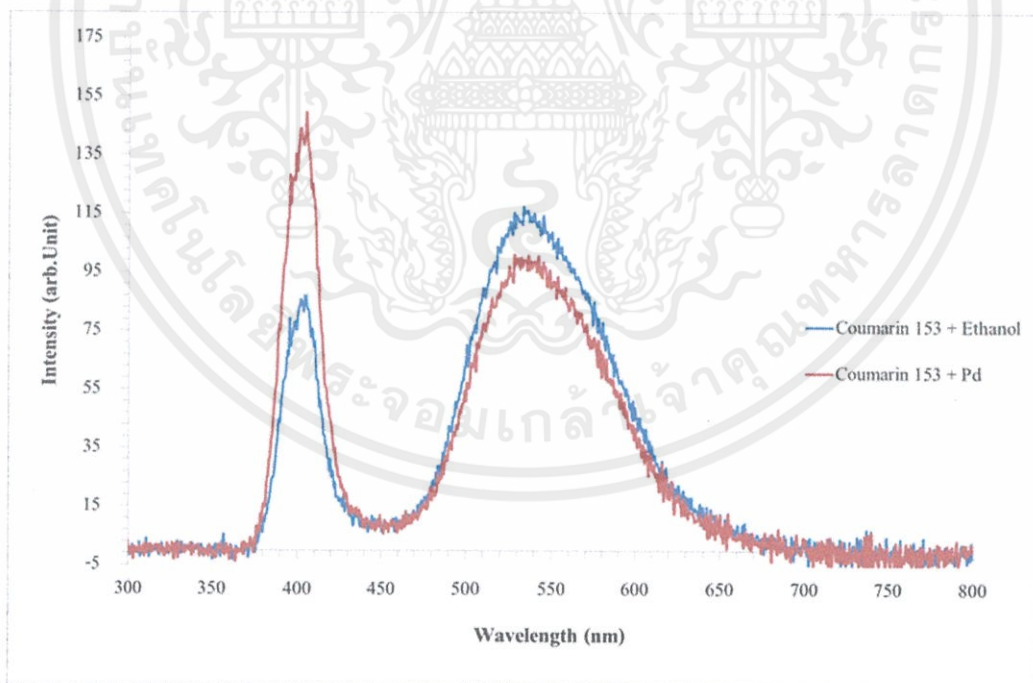
รูปที่ 4.35 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 5.90×10^{-5} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 6.25×10^{-6} M (ครั้งที่ 2)



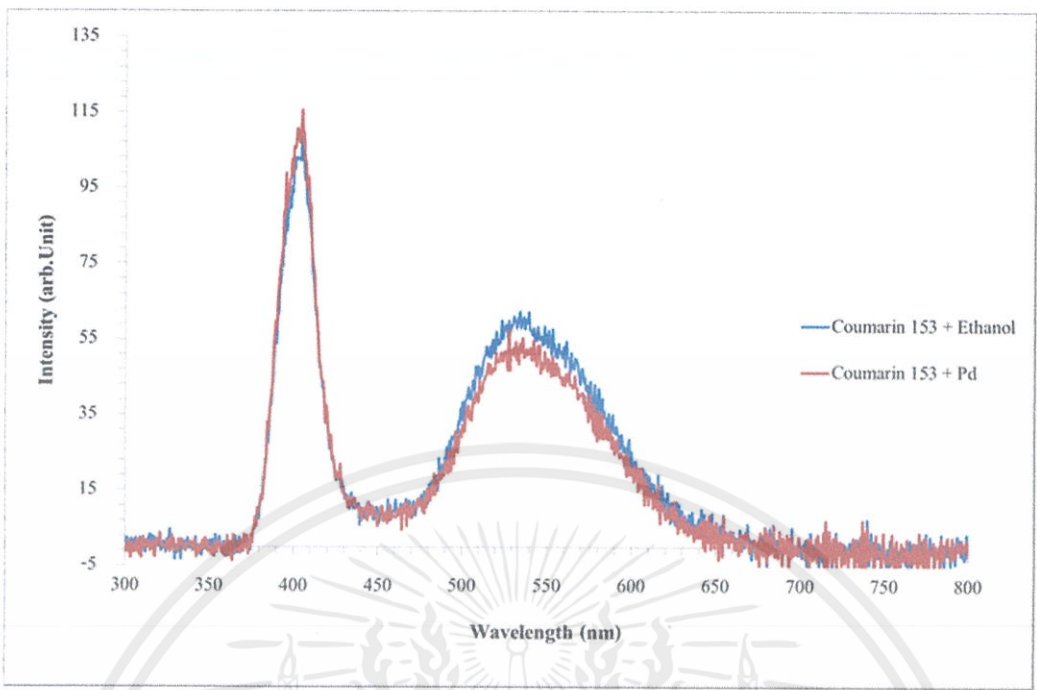
รูปที่ 4.36 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 2.95×10^{-5} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 3.13×10^{-6} M (ครั้งที่ 3)



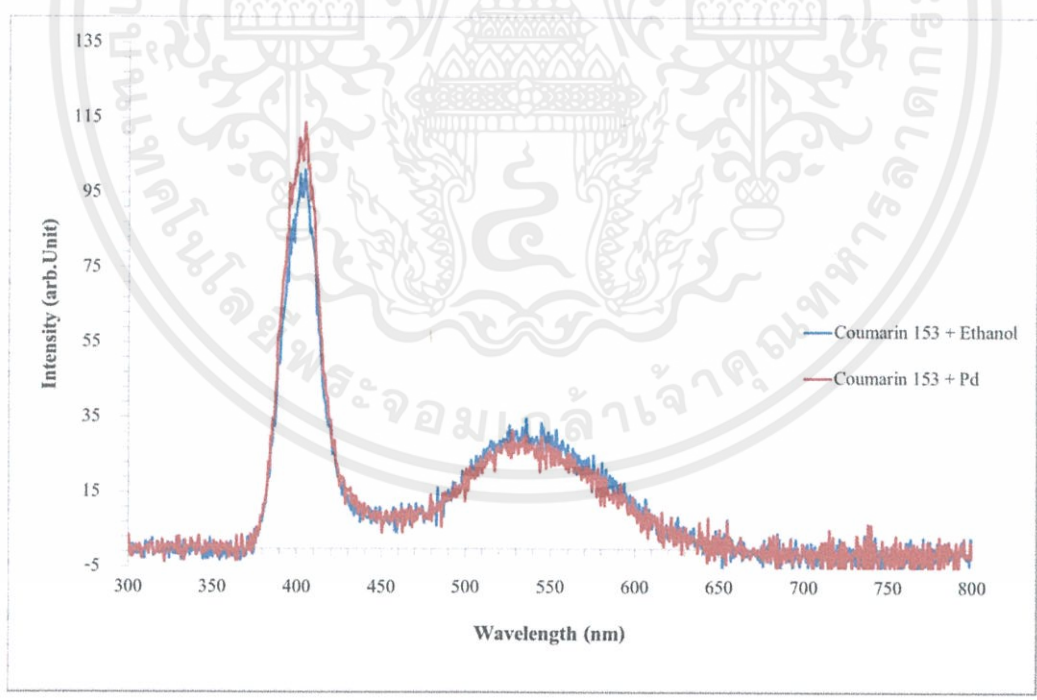
รูปที่ 4.37 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 1.48×10^{-5} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.57×10^{-6} M (ครั้งที่ 4)



รูปที่ 4.38 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 7.40×10^{-6} M เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

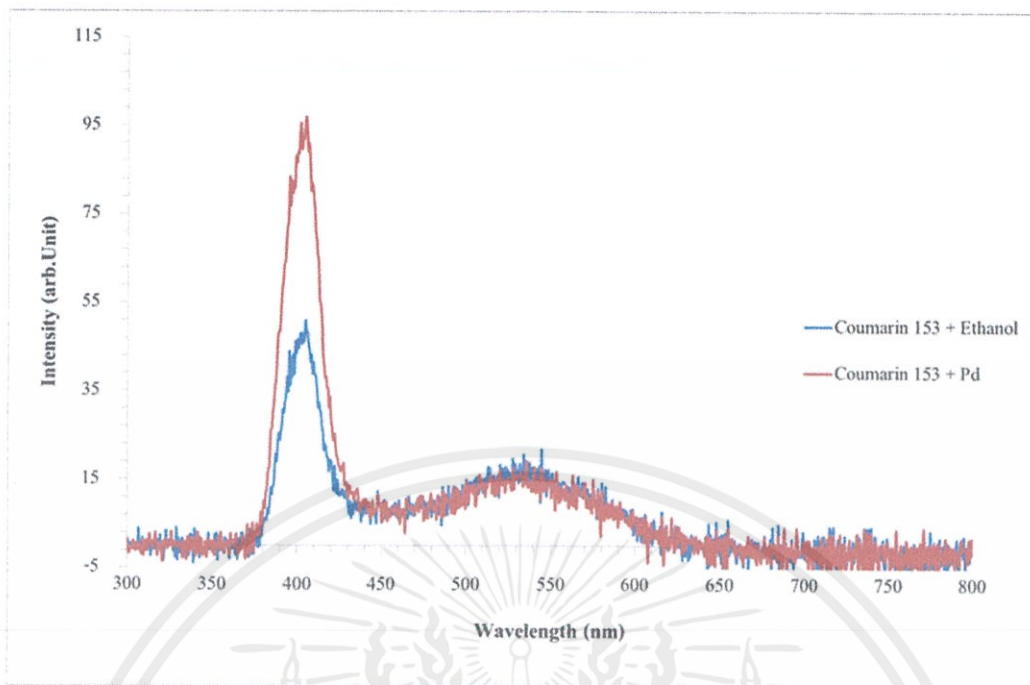


รูปที่ 4.39 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 3.70×10^{-6} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 3.93×10^{-7} M (ครั้งที่ 6)

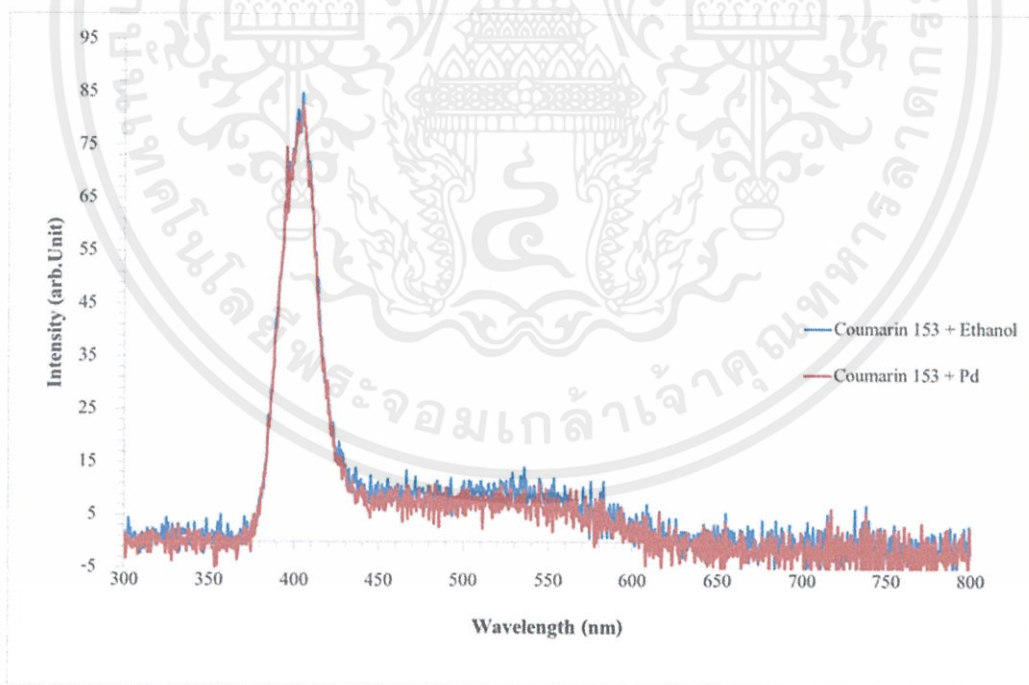


รูปที่ 4.40 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 1.85×10^{-6} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.97×10^{-7} M (ครั้งที่ 7)

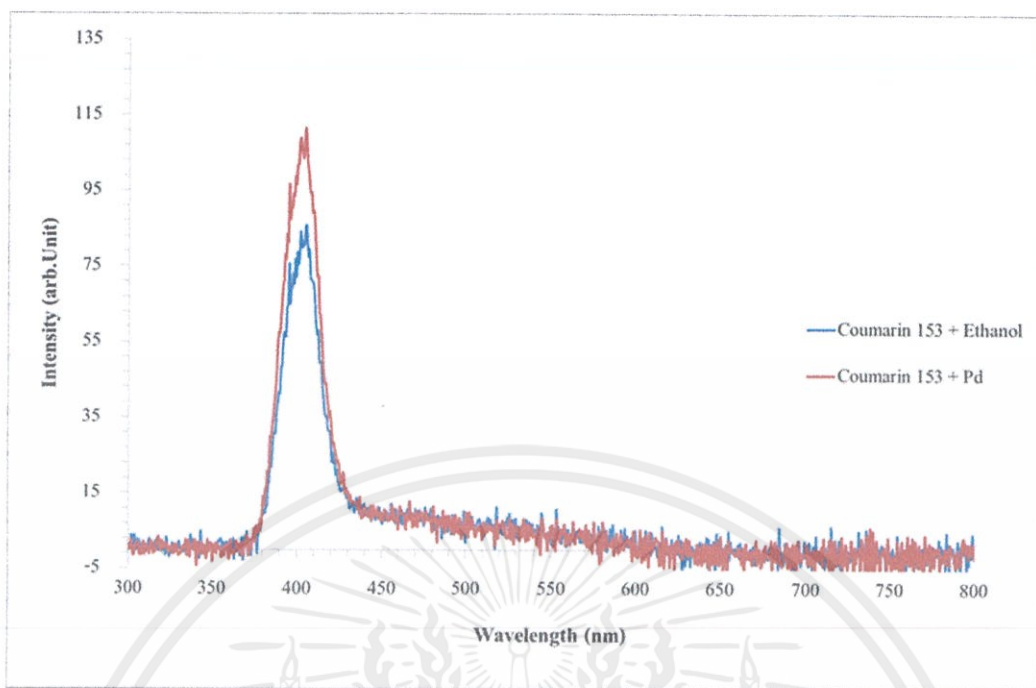
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 9.25×10^{-7} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 9.85×10^{-8} M (ครั้งที่ 8)



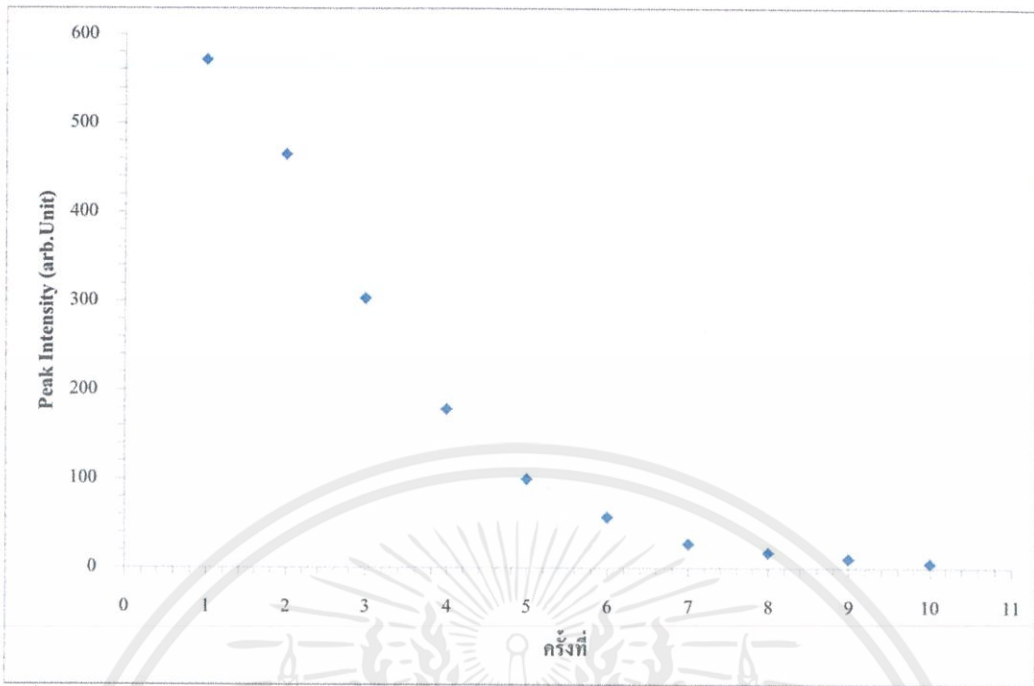
รูปที่ 4.42 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 4.63×10^{-7} M เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 4.93×10^{-8} M (ครั้งที่ 9) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



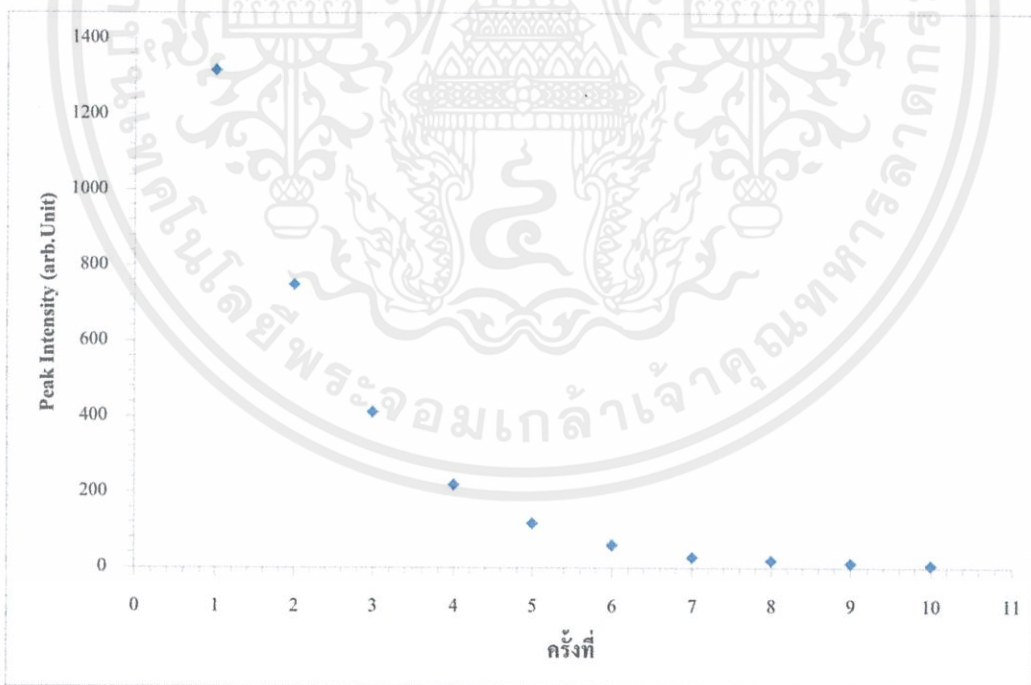
รูปที่ 4.43 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 2.32×10^{-7} M และสารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 2.47×10^{-8} M (ครั้งที่ 10)

เมื่อนำค่าพีการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) และสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับน้ำ Ethanol มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีการเปล่งแสงในแต่ละครั้งกับจำนวนครั้ง 10 ครั้งในการเจือสารละลาย จะได้กราฟที่มีแนวโน้มดังรูป 4.44 – 4.45 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปล่งแสงของของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) กับจำนวนครั้งในการเจือสารละลาย



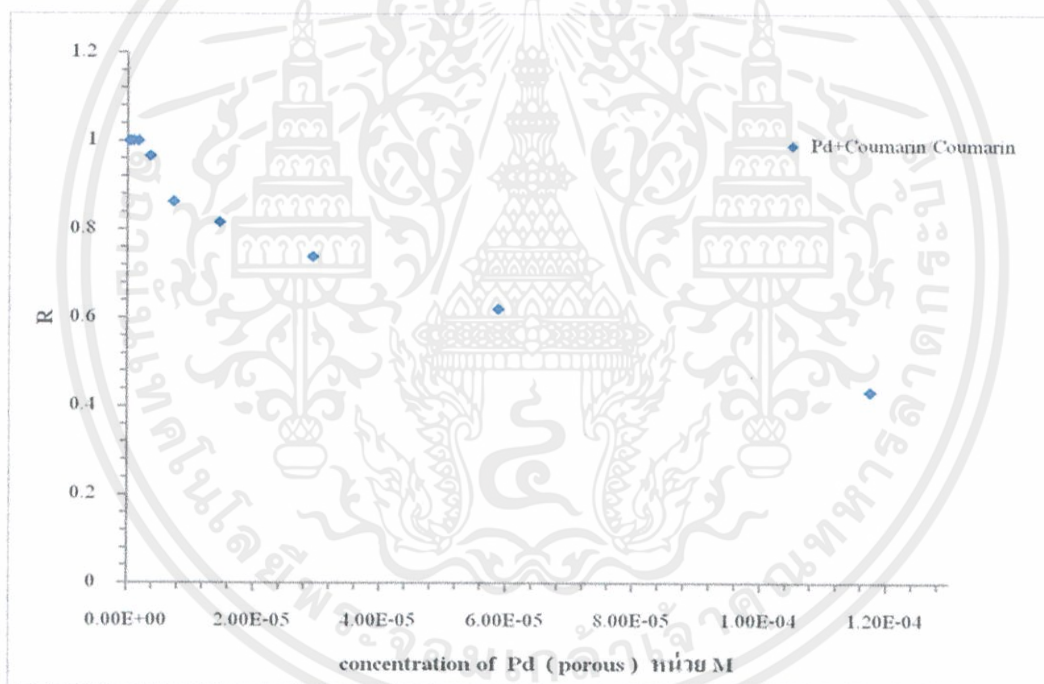
รูปที่ 4.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปล่งแสงของของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับเอทธานอลเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการคำนวณค่าอัตราส่วนของพีคความเข้มแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับ Ethanol และสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) โดยอาศัยสมการ

$$R = \frac{\text{Peak Coumarin153} + \text{Pd}(\text{porous})}{\text{Peak Coumarin153} + \text{Ethanol}} \quad (4.2)$$

โดย R คือค่าอัตราส่วนของพีคความเข้มแสงของสารละลาย

และเมื่อนำ R และความเข้มข้นของสารละลาย Pd(porous) มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.46 จากกราฟจะเห็นว่าของสารละลาย Coumarin 153 ไม่เหมาะที่จะนำมาผสมกับสารละลาย Pd(porous) เนื่องจากสารละลาย Pd(porous) มีค่าอัตราส่วนไม่เกิน 1 ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์



รูปที่ 4.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีคการเปล่งแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางจากสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และสาร Gold/Palladium (Au@Pd)

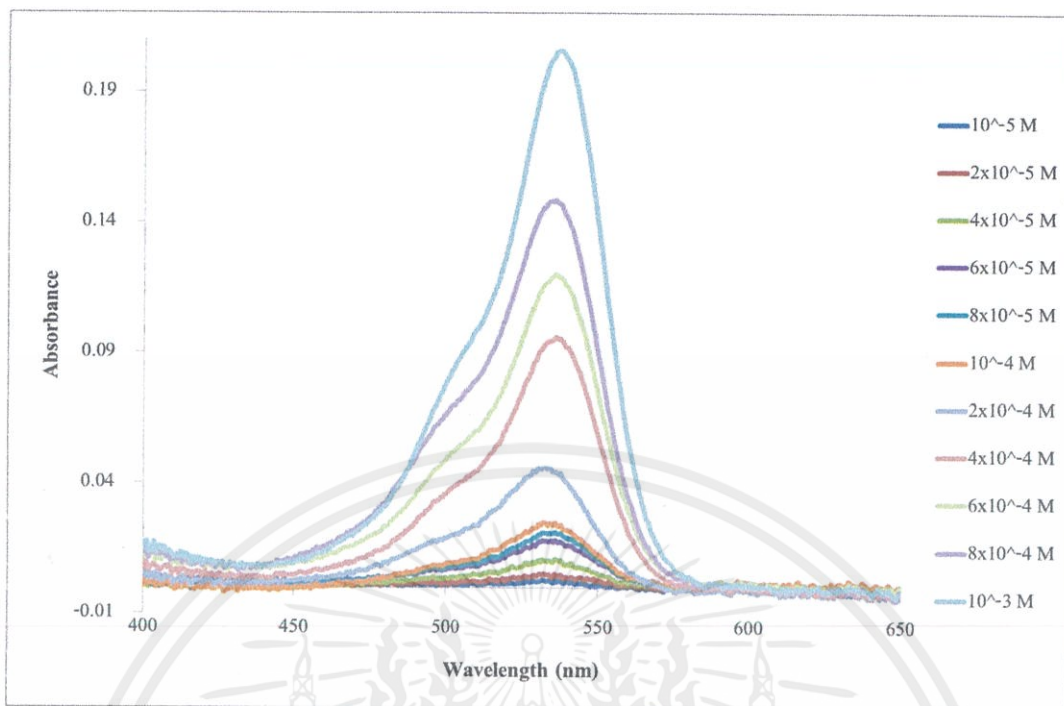
4.3.1 การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA

จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ที่จัดเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-5} M, 2×10^{-5} M, 4×10^{-5} M, 6×10^{-5} M, 8×10^{-5} M, 10^{-4} M, 2×10^{-4} M, 4×10^{-4} M, 6×10^{-4} M, 8×10^{-4} M และ 10^{-3} M ได้ผลดังรูปที่ 4.53 และ 4.54 ตามลำดับ

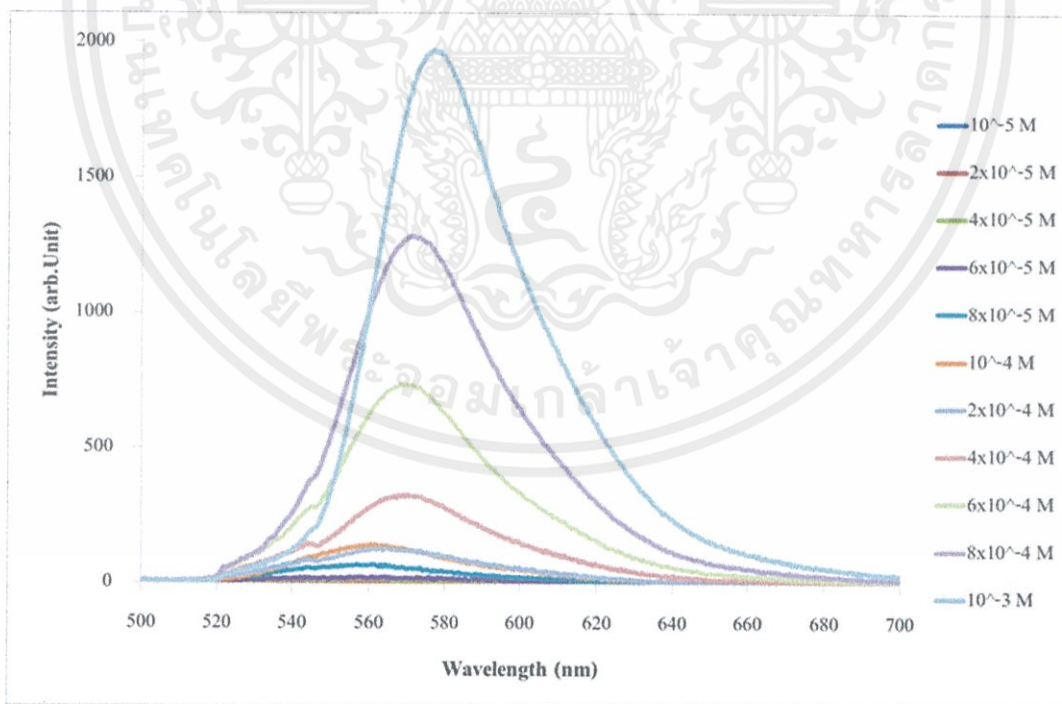
จากกราฟการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ซึ่งความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงมากที่สุดของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA คือ ความยาวคลื่นที่ 535 นาโนเมตร เมื่อพิจารณาถึงการดูดกลืนแสงของฟิล์มบางลูมิเนสเซนส์ต่อความเข้มข้นของสารเรืองแสงที่แตกต่างกัน พบว่าจะเกิดการดูดกลืนแสงมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเรืองแสงเพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ดังแสดงในสมการที่ 2.5

เมื่อพิจารณาสเปกตรัมแสงลูมิเนสเซนส์ของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA พบว่าความยาวคลื่นที่เกิดการเรืองแสงมากที่สุดจะอยู่ในช่วง 545-640 นาโนเมตร ซึ่งจากผลการวัดจะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารเรืองแสงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความยาวคลื่นที่เกิดการปลดปล่อยแสงลูมิเนสเซนส์สูงสุดเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลของการดูดกลืนซ้ำของสารเรืองแสง กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นของสารเรืองแสงเพิ่มมากขึ้น จำนวนโมเลกุลของสารเรืองแสงจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อแสงลูมิเนสเซนส์ถูกปลดปล่อยออกมาจากโมเลกุลสารเรืองแสงหนึ่ง จะมีโอกาสในการดูดกลืนซ้ำโดยโมเลกุลของสารเรืองแสงที่อยู่ข้างเคียงได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นความเข้มของแสงลูมิเนสเซนส์ต่อความเข้มข้นของสารเรืองแสง พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารเรืองแสงเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความเข้มแสงลูมิเนสเซนส์เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



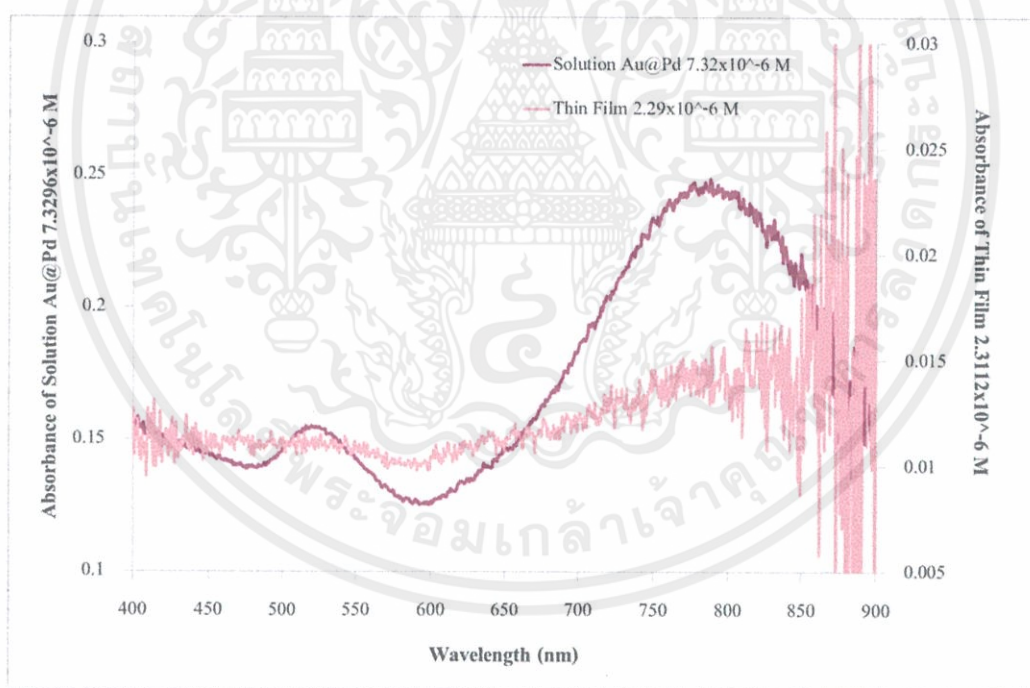
รูปที่ 4.47 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 4.48 สเปกตรัมการเปล่งแสงของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA ที่ความเข้มข้นต่างๆ กระตุ้นด้วยเลเซอร์สีเขียว ที่มีความยาวคลื่น 532 nm

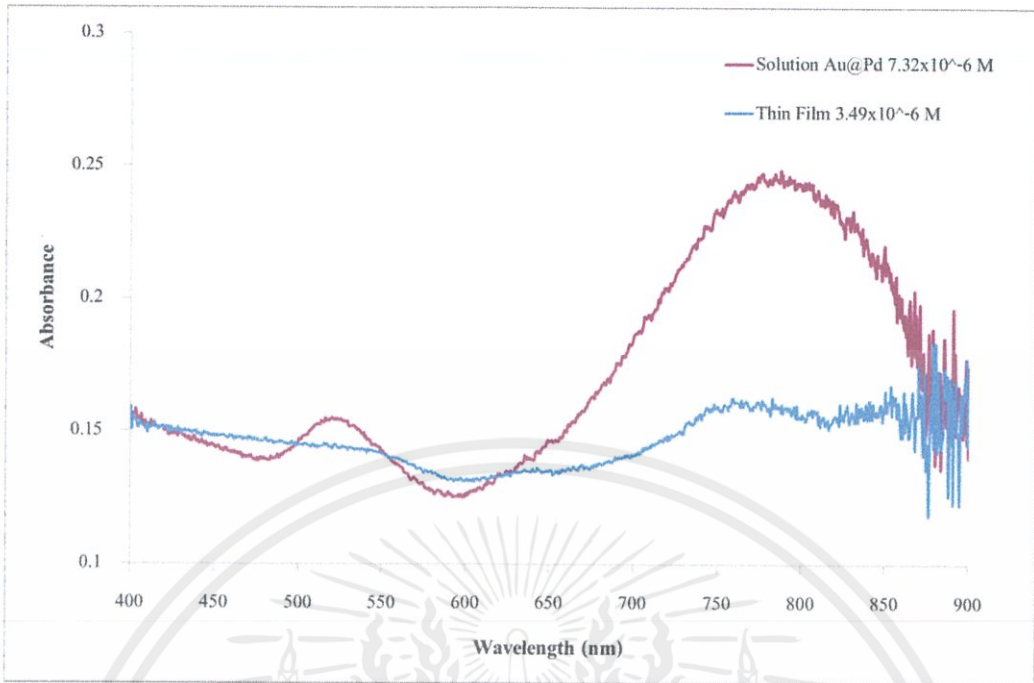
4.3.2 การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA

จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ที่จัดเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้น 2.29×10^{-6} M, 3.49×10^{-6} M และ 5.81×10^{-5} M รวมทั้งจัดเตรียมจากสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ที่ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M โดยทำการวัดจากเครื่อง UV-VIS Spectrometer จะได้ผลดังรูปที่ 4.55-4.57 ผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบางที่มีความเข้มข้น 2.29×10^{-6} M, 3.49×10^{-6} M และ 5.81×10^{-5} M จะมีช่วงการดูดกลืนไม่เด่นชัด เมื่อเทียบกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M ซึ่งจะมีพีคการดูดกลืนแสงที่เด่นชัด คือที่ความยาวคลื่นประมาณ 480 – 600 นาโนเมตร

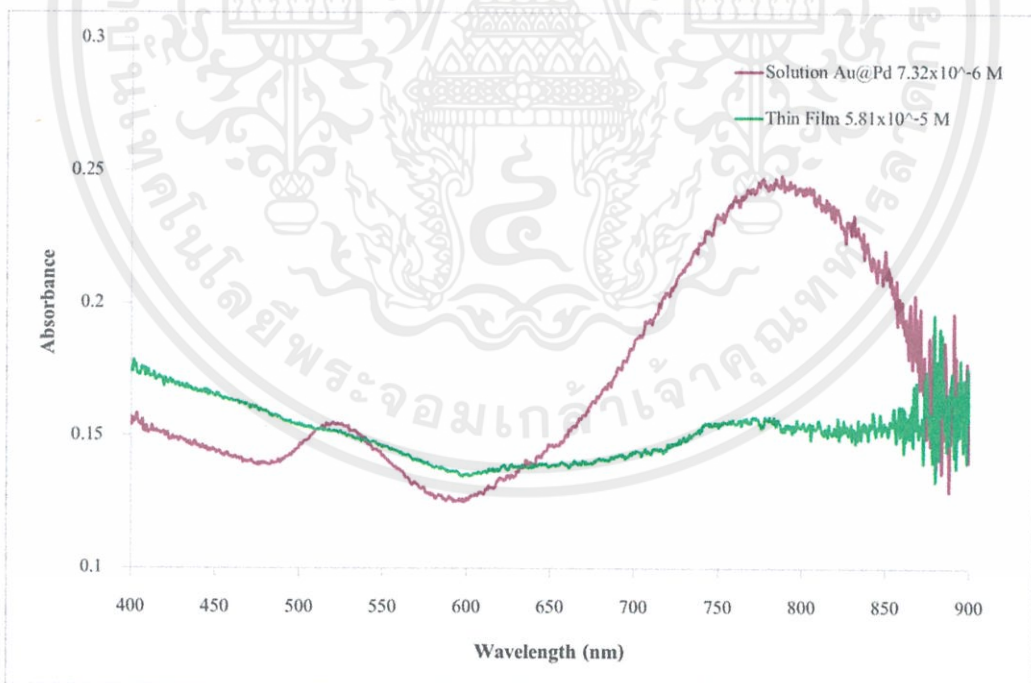


รูปที่ 4.49 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 2.29×10^{-6} M เทียบกับ Gold/Palladium (Au@Pd) ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

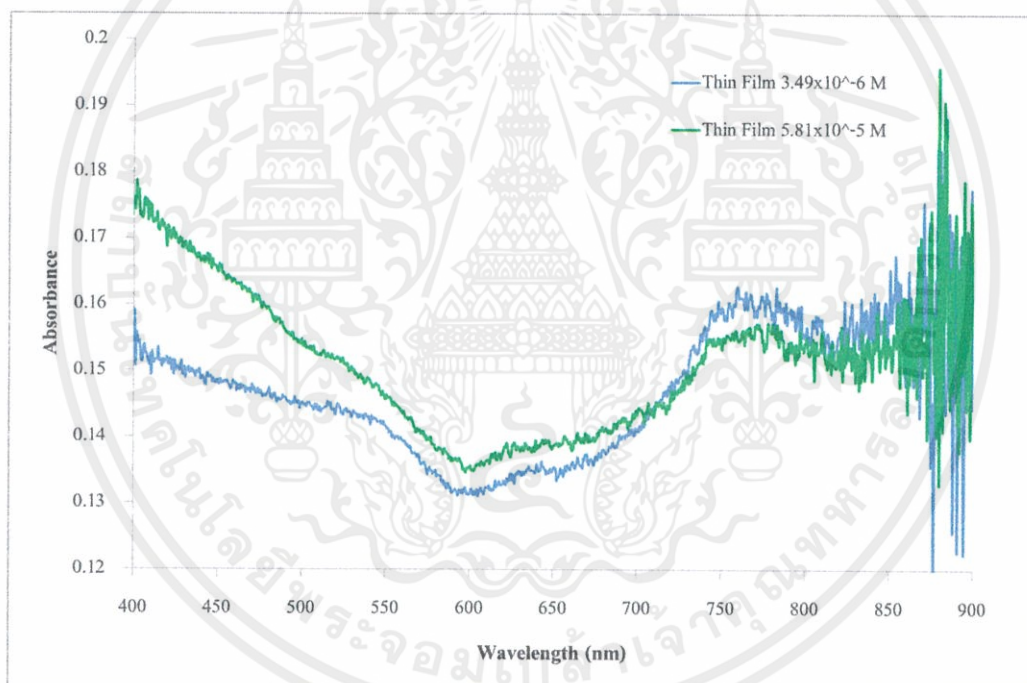


รูปที่ 4.50 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 3.49×10^{-6} M เทียบกับ Gold/Palladium (Au@Pd) ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M



รูปที่ 4.51 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 5.81×10^{-5} M เทียบกับ Gold/Palladium (Au@Pd) ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M

นำฟิล์มบางที่จัดเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันมาเปรียบเทียบกัน แต่เนื่องจากฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ที่จัดเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้น 2.29×10^{-6} M ดังรูปที่ 4.55 มีพีคการดูดกลืนแสงที่ไม่เด่นชัด ซึ่งมีแนวโน้มของพีคต่างไปจากพีคของกราฟที่ 4.56 และ 4.57 จึงไม่นำมาพิจารณา จึงเหลือแค่เพียงฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ที่จัดเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้น 3.49×10^{-6} M เทียบกับ ฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ที่จัดเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้น 5.81×10^{-5} M ดังรูปที่ 4.58 ซึ่งจะเห็นได้ว่าฟิล์มบางที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน จะมีลักษณะของกราฟไปในแนวทางเดียวกัน แต่จะมีความแตกต่างกันที่ค่าของการดูดกลืนแสง นั่นคือเมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การดูดกลืนแสงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 4.52 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 3.49×10^{-6} M เทียบกับฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA ความเข้มข้น 5.81×10^{-5} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม จากการที่ผู้ทำการทดลองได้จัดเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างๆ มาผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) ซึ่งเป็นอนุภาคขนาดนาโน เพื่อนำมาทำเป็นฟิล์มบาง ซึ่งผลที่ได้พบว่าฟิล์มบางมีลักษณะผิวหน้าฟิล์มไม่เรียบ และเมื่อทำการวัดด้วยเครื่อง UV-VIS spectrometer แล้วพบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงปรากฏพิคที่มีลักษณะไม่สอดคล้องกับสเปกตรัมที่วัดได้จากสารละลาย ทั้งนี้เนื่องจากในรูปของฟิล์มบางนั้นมีความเข้มข้นของอนุภาค Gold/Palladium (Au@Pd) ที่น้อยกว่าในรูปของสารละลาย ดังนั้นในการศึกษาปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์จึงต้องมีการพัฒนากระบวนการในการทำเป็นฟิล์มบางต่อไปในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางแสงของสารเรืองแสงที่ผสมกับอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ในรูปของสารละลาย เพื่อทำการศึกษาการเกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกเรโซแนนซ์ โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของสารละลายสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่นำมาผสมกับ Gold/Palladium (Au@Pd) และสารสีย้อม Coumarin 153 ที่นำมาผสมกับ Pd(porous) ในรูปแบบสารละลายและฟิล์มบาง ผลการวิจัยสามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และ Gold/Palladium (Au@Pd)

5.1.1.1 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

จากการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งของ Gold/Palladium (Au@Pd) ในรูปของสารละลาย ซึ่งเป็นอนุภาคระดับนาโนที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M ในปริมาตร 1 ml ซึ่งวัดผลของสเปกตรัมด้วยเครื่อง UV-VIS spectrometer ผลที่ได้พบว่าสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd) จะมีพีคการดูดกลืนแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 520 นาโนเมตร และมีพีคการเปล่งแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 525 นาโนเมตร

5.1.1.2 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G)

จากการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของ Rhodamine 6G (R6G) ในรูปของสารละลายด้วยความเข้มข้นที่ปริมาตร 2×10^{-6} M, 4×10^{-6} M, 6×10^{-6} M, 8×10^{-6} M และ 10^{-5} M ผลที่ได้พบว่า สารละลาย Rhodamine 6G (R6G) มีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าการดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.3. ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลายสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสารละลาย Gold/Palladium (Au@Pd)

จากการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ซึ่งเมื่อทำการวัดสเปกตรัมแล้วพบว่าสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่มีความเข้มข้น 1.88×10^{-7} M และ Gold/Palladium (Au@Pd) ที่มีความเข้มข้น 3.83×10^{-6} M เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์ ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดประมาณ 3 เท่า

5.1.2. ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Coumarin 153 และสารละลาย Pd(porous)

5.1.2.1 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Pd(porous)

จากการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 และสารละลาย Pd(porous) พบว่าสารละลาย Pd(porous) ที่มีความเข้มข้น 4.7×10^{-4} M ปริมาตร 1 ml จะมีพีคการดูดกลืนอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 414 นาโนเมตร และมีพีคการเปล่งแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 476 นาโนเมตร

5.1.2.2 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลาย Coumarin 153

จากการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของ Coumarin 153 ในรูปของสารละลายด้วยความเข้มข้น 10^{-3} M, 10^{-4} M, 5×10^{-5} M, 10^{-5} M พบว่ามีค่าพีคการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น และจะเห็นว่าสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 5×10^{-5} M มีค่าพีคที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผสมกับสารละลาย Pd(porous) และ Ethanol

5.1.2.3 ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของสารละลายสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับสารละลาย Pd (porous)

จากการศึกษาการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงของสารละลาย Coumarin 153 ผสมกับสารละลาย Pd(porous) พบว่า แสงที่เปล่งออกของสารละลายที่ผสมรวมกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่าสารละลายที่ผสมแยกกัน จึงสรุปได้ว่าไม่เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์ในเงื่อนไขที่ได้ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3. ผลการศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางจากสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) และสาร Gold/Palladium (Au@Pd)

5.1.3.1 การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง Rhodamine 6G (R6G)/PMMA

จากการทดลองเตรียมฟิล์มบาง R6G/PMMA ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M, 2×10^{-5} M, 4×10^{-5} M, 6×10^{-5} M, 8×10^{-5} M, 10^{-4} M, 2×10^{-4} M, 4×10^{-4} M, 6×10^{-4} M, 8×10^{-4} M และ 10^{-3} M จะเห็นได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของสารเรืองแสงเพิ่มมากขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงและค่าการเปล่งแสงจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ดังแสดงในสมการที่ 2.5 และพบว่าความยาวคลื่นที่เกิดการเปล่งแสงมากที่สุดจะอยู่ในช่วง 545 - 640 นาโนเมตร

5.1.3.2 การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง Gold/Palladium (Au@Pd)/PMMA

จากการที่ผู้ทำการทดลองได้จัดเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างๆ มาผสมกับสารละลาย Gold Palladium (Au@Pd) ซึ่งเป็นอนุภาคนาโน เพื่อนำมาทำเป็นฟิล์มบาง ซึ่งผลที่ได้พบว่าฟิล์มบางมีลักษณะผิวหน้าฟิล์มไม่เรียบ และเมื่อทำการวัดสเปกตรัม แล้วพบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงปรากฏพิคที่มีลักษณะไม่สอดคล้องกับสเปกตรัมที่วัดได้จากสารละลาย ทั้งนี้เนื่องจากในรูปของฟิล์มบางนั้นมีความเข้มข้นของอนุภาค Gold Palladium (Au@Pd) ที่น้อยกว่าในรูปของสารละลาย ดังนั้นในการศึกษาปรากฏการณ์พลาสมอนส์เรโซแนนซ์ จึงต้องมีการพัฒนากระบวนการในการทำเป็นฟิล์มบางต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยที่การศึกษาสมบัติทางแสงของสารเรืองแสงที่ผสมกับอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็กระดับนาโน คือ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd(porous) ซึ่งเมื่อผู้ทำการวิจัยได้ทดลองทำ ก็ได้พบกับปัญหาในงานวิจัยด้านต่างๆดังนี้

- 1) สาร Gold/Palladium (Au@Pd) และ Pd (porous) มีปริมาณที่จำกัดและมีราคาซื้อขายข้างสูง จึงไม่สามารถที่จะทดลองใช้สารในปริมาณที่มีความเข้มข้นสูงๆได้
- 2) การจัดตั้งอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง ไม่สามารถตั้งให้อยู่ในตำแหน่งเดิมได้ จึงก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลวิจัยได้ จึงอาจต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดผิวเวทที่ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการวัดมีเสถียรภาพมากขึ้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณี (3) ถ้าต้องการวัดสมบัติทางแสงในรูปของฟิล์มบาง ควรจัดทำฟิล์มที่มีความหนาเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำมาวัดจึงจะเห็นค่าพิคที่เด่นชัด

- 4) ในขณะที่ทำการสปีน ความเร็วรอบที่ใช้ในการสปีนมีผลทำให้ฟิล์มบางที่ได้มีผิวหน้าที่ไม่เรียบ จึงต้องปรับความเร็วรอบให้เหมาะสมในขณะที่สปีน

สำหรับงานวิจัยที่จะสามารถดำเนินการต่อไปในอนาคต คือ การศึกษาสารละลายสารสีย้อม Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับสาร Gold/Palladium (Au@Pd) ในรูปของฟิล์มบางแต่สำหรับสารละลายสารสีย้อม Coumarin 153 ที่ผสมกับสาร Pd(porous) อาจจะต้องหาสารสีย้อมชนิดอื่นที่มีความเหมาะสมและทำให้เกิดปรากฏการณ์พลาสมอนิกส์เรโซแนนซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิชากร บุลพิภพอนันต์, นารี บำรุงจิตต์ และปิยสิริ แก้วปาน. 2556. “การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบาง ZnO/PMMA สำหรับการประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์รวมแสงอาทิตย์.” โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2558. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง. [Online].
Available : http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/aphys0852pp_ch1.pdf
- [3] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2558. สมบัติของทองคำแบบก้อนและอนุภาคนาโนทองคำ. [Online].
Available : http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/aphys0852pp_ch2.pdf
- [4] วิชญาพร สุญพานิช. 2556. “การเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยสารเรืองแสง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] ศิริวรรณ ตัญญา. 2555. อนุภาคนาโนทอง: การสังเคราะห์และการประยุกต์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี. [Online]. Available : <http://www.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/article/viewFile/19232/16917>
- [6] สถาบันนวัตกรรม และพัฒนาระบบการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2557. สีและแสง การวัดการดูดกลืน. [Online]. Available : www.il.mahidol.ac.th/e-media/color-light
- [7] NanoSeedz. 2015. Porous Single-Crystalline Palladium Nanocrystals. [Online].
Available : <http://www.nanoseedz.com/PorousPd.html>
- [8] NanoSeedz. 2015. Platinum, Palladium Coated Gold Nanorods. [Online].
Available : http://www.nanoseedz.com/Gold_Nanorods_PtPd_Coated.html
- [9] Scott Prahl. 2012. Rhodamine 6G. [Online].
Available : <http://omlc.org/spectra/PhotochemCAD/html/083.html>
- [10] Sigma-Aldrich. 2015. Coumarin 153. [Online].
Available : <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/01511>
- [11] Wikipedia. 2015. Rhodamine 6G. [Online].
Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Rhodamine_6G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรนำมาใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลเชิงลึกในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีการคำนวณ

1.1 การจัดเตรียมสารละลายสารสีย้อม R6G และสาร Au@Pd

1.1.1 วิธีการคำนวณปริมาณสาร R6G เพื่อเตรียมสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} M

ปริมาตร 50 ml

เมื่อ R6G มีมวลโมเลกุล 479.01 g/mol

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } \frac{g}{MW} = \frac{N_1 V_1}{1000}$$

เมื่อ g คือ ปริมาณสาร R6G ที่ต้องการ

MW คือ มวลโมเลกุลของ R6G

N_1 คือ ความเข้มข้น (10^{-4} M)

V_1 คือ ปริมาตร (หน่วยเป็น ml)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณ R6G ที่ต้องชั่ง (g)} &= \frac{10^{-4} \times 50 \times 479.01}{1000} \\ &= 0.0024 \text{ g} \end{aligned}$$

ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 50 ml ได้ โดยการชั่ง R6G มา 0.0024 g ละลายด้วย น้ำ DI 50 ml

1.1.2 วิธีการเตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยการทำให้เจือจาง

คำนวณได้จากสูตร $C_1 V_1 = C_2 V_2$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย R6G ตั้งต้น

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย R6G ที่ต้องการ

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย R6G ตั้งต้น ที่ต้องแบ่งมา

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย R6G ที่ต้องการ

1) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ปริมาตร 30 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1 V_1 = C_2 V_2$

ดังนั้น $(10^{-4})(V_1) = (10^{-5})(30)$

$$V_1 = \frac{(10^{-5})(30)}{(10^{-4})}$$

$$V_1 = 3 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M มา 3 ml ผสมกับ น้ำ DI 27 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ปริมาตร 30 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ เช่น การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม กรุณาแจ้งให้ทราบเพื่อขออนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 8×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(10^{-5})(V_1) = (8 \times 10^{-6})(3)$

$$V_1 = \frac{(8 \times 10^{-6})(3)}{(10^{-5})}$$

$$V_1 = 2.4 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M มา 2.4 ml ผสมกับ น้ำ DI 0.6 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 8×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

3) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 6×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(10^{-5})(V_1) = (6 \times 10^{-6})(3)$

$$V_1 = \frac{(6 \times 10^{-6})(3)}{(10^{-5})}$$

$$V_1 = 1.8 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M มา 1.8 ml ผสมกับ น้ำ DI 1.2 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 6×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

4) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 4×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(10^{-5})(V_1) = (4 \times 10^{-6})(3)$

$$V_1 = \frac{(4 \times 10^{-6})(3)}{(10^{-5})}$$

$$V_1 = 1.2 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M มา 1.2 ml ผสมกับ น้ำ DI 1.8 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 4×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

5) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 2×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(10^{-5})(V_1) = (2 \times 10^{-6})(3)$

$$V_1 = \frac{(2 \times 10^{-6})(3)}{(10^{-5})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคห $V_1 = 0.6 \text{ ml}$ ที่การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M มา 0.6 ml ผสมกับ น้ำ DI 2.4 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 2×10^{-6} M ปริมาตร 3 ml

1.1.3 วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย R6G และสารละลาย Au@Pd ที่ทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

1) คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย R6G ที่ทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย R6G ตั้งต้น

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย R6G ที่ต้องการ

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย R6G ตั้งต้น ที่แบ่งมา

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย R6G ที่ต้องการ

ครั้งที่ 0 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น 6×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(6 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(6 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 3 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น 6×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 3×10^{-6} M

ครั้งที่ 1 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น 3×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(3 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(3 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.5 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น 3×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 1.5×10^{-6} M

ครั้งที่ 2 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น 1.5×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.5 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.5 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ (2) ของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_2 = 7.5 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.5 \times 10^{-6} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $7.5 \times 10^{-7} M$

ครั้งที่ 3 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $7.5 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (7.5 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(7.5 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 3.75 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $7.5 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $3.75 \times 10^{-7} M$

ครั้งที่ 4 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $3.75 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (3.75 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(3.75 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.88 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $3.75 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $1.88 \times 10^{-7} M$

ครั้งที่ 5 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.88 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (1.88 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(1.88 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 9.4 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.88 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $9.4 \times 10^{-8} M$

ครั้งที่ 6 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $9.4 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (9.4 \times 10^{-8})(1) = (C_2)(2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_2 = \frac{(9.4 \times 10^{-8})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 4.7 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $9.4 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $4.7 \times 10^{-8} M$

ครั้งที่ 7 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $4.7 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (4.7 \times 10^{-8})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(4.7 \times 10^{-8})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.35 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $4.7 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $2.35 \times 10^{-8} M$

ครั้งที่ 8 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $2.35 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (2.35 \times 10^{-8})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(2.35 \times 10^{-8})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.18 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $2.35 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $1.18 \times 10^{-8} M$

ครั้งที่ 9 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.18 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (1.18 \times 10^{-8})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(1.18 \times 10^{-8})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 5.9 \times 10^{-9} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.18 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $5.9 \times 10^{-9} M$

ครั้งที่ 10 เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $5.9 \times 10^{-9} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

ดังนั้น $(5.9 \times 10^{-9})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(5.9 \times 10^{-9})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.95 \times 10^{-9} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $5.9 \times 10^{-9} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น $2.95 \times 10^{-9} M$

2) คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย Au@Pd ที่ทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

เมื่อ น้ำหนักของ Pd ที่อยู่ในสารละลาย คือ 13 $\mu\text{g/ml}$

จะเห็นว่า ในสารละลาย 1 ml มี Pd อยู่ 13 μg

ถ้าในสารละลาย 1 l มี Pd อยู่ $\frac{13 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3}} = 0.013 \text{ g}$

ดังนั้น น้ำหนักของ Pd ที่อยู่ในสารละลาย คือ 0.013 g/l

และ มวลโมเลกุลของ Pd คือ 106.42 g/mol

ดังนั้น ความเข้มข้นของ Au@Pd = $\frac{0.013}{106.42} = 1.22 \times 10^{-4} M$

คำนวณหาความเข้มข้นจากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Au@Pd ตั้งต้น

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Au@Pd ที่ต้องการ

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย Au@Pd ตั้งต้น ที่แบ่งมา

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย Au@Pd ที่ต้องการ

ครั้งที่ 0 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $1.22 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ สารละลาย R6G ความเข้มข้น $6 \times 10^{-6} M$ 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.22 \times 10^{-4})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.22 \times 10^{-4})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 6.1 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.22 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ สารละลาย R6G ความเข้มข้น $6 \times 10^{-6} M$ 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $6.1 \times 10^{-5} M$

ครั้งที่ 1 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $6.1 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(6.1 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(6.1 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 3.05 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $6.1 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $3.05 \times 10^{-5} M$

ครั้งที่ 2 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $3.05 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (3.05 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(3.05 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.53 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $3.05 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $1.53 \times 10^{-5} M$

ครั้งที่ 3 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $1.53 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (1.53 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(1.53 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 7.65 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.53 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $7.65 \times 10^{-6} M$

ครั้งที่ 4 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $7.65 \times 10^{-6} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (7.65 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(7.65 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 3.83 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $7.65 \times 10^{-6} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $3.83 \times 10^{-6} M$

ครั้งที่ 5 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $3.83 \times 10^{-6} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(3.83 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(3.83 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.92 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $3.83 \times 10^{-6} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $1.92 \times 10^{-6} M$

ครั้งที่ 6 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $1.92 \times 10^{-6} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.92 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.92 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 9.6 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $1.92 \times 10^{-6} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $9.6 \times 10^{-7} M$

ครั้งที่ 7 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $9.6 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(9.6 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(9.6 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 4.8 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $9.6 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $4.8 \times 10^{-7} M$

ครั้งที่ 8 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น $4.8 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(4.8 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(4.8 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.4 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น $4.8 \times 10^{-7} M$ มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น $2.4 \times 10^{-7} M$

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 9 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น 2.4×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (2.4 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(2.4 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.2 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น 2.4×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.2×10^{-7} M

ครั้งที่ 10 เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น 1.2×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (1.2 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(1.2 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 6 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย R6G ความเข้มข้น 1.2×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ น้ำ DI 1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 6×10^{-8} M

1.2. การจัดเตรียมสารละลายสารสีย้อม Coumarin 153 และสาร Pd(porous)

1.2.1 วิธีการคำนวณปริมาณสาร Coumarin 153 เพื่อเตรียมสารละลาย Coumarin 153

ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 10 ml

เมื่อ Coumarin 153 มีมวลโมเลกุล 309.24 g/mol

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } \frac{g}{MW} = \frac{N_1V_1}{1000}$$

เมื่อ g คือ ปริมาณสาร Coumarin 153 ที่ต้องการ

MW คือ มวลโมเลกุลของ Coumarin 153

N_1 คือ ความเข้มข้น (10^{-3} M)

V_1 คือ ปริมาตร (หน่วยเป็น ml)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณ R6G ที่ต้องชั่ง (g)} &= \frac{10^{-3} \times 10 \times 309.24}{1000} \\ &= 0.0031 \text{ g} \end{aligned}$$

ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 10 ml ได้ โดยการชั่ง R6G มา 0.0031 g ละลายด้วย Ethanol 10 ml

1.2.2 วิธีการเตรียมสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยการทำให้เจือจาง
คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

- เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 ตั้งต้น
 C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 ที่ต้องการ
 V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย Coumarin 153 ตั้งต้น ที่ต้องแบ่งมา
 V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย Coumarin 153 ที่ต้องการ

1) เตรียมสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-3})(V_1) = (10^{-4})(10)$$

$$V_1 = \frac{(10^{-4})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 9 ml
จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

2) เตรียมสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 5×10^{-5} M ปริมาตร 3 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-4})(V_1) = (5 \times 10^{-5})(3)$$

$$V_1 = \frac{(5 \times 10^{-5})(3)}{(10^{-4})}$$

$$V_1 = 1.5 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M มา 1.5 ml ผสมกับ Ethanol 1.5
ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 5×10^{-5} M ปริมาตร 3 ml

3) เตรียมสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ปริมาตร 3 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-4})(V_1) = (10^{-5})(3)$$

$$V_1 = \frac{(10^{-5})(3)}{(10^{-4})}$$

$$V_1 = 0.3 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M มา 0.3 ml ผสมกับ Ethanol 2.7
ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ปริมาตร 3 ml
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 และสารละลาย Pd ที่ทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

1) คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 ที่ทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 ตั้งต้น

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Coumarin 153 ที่ต้องการ

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย Coumarin 153 ตั้งต้น ที่แบ่งมา

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย Coumarin 153 ที่ต้องการ

ครั้งที่ 0 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 5×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (5 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(5 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.5 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 5×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 2.5×10^{-5} M

ครั้งที่ 1 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 2.5×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (2.5 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(2.5 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.25 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 2.5×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.25×10^{-5} M

ครั้งที่ 2 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 1.25×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (1.25 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(1.25 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่ข้อมูลนี้อีกต่อไป

$$C_2 = 6.25 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 1.25×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 6.25×10^{-6} M

ครั้งที่ 3 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 6.25×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(6.25 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(6.25 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 3.13 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 6.25×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 3.13×10^{-6} M

ครั้งที่ 4 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 3.13×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(3.13 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(3.13 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.57 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 3.13×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.57×10^{-6} M

ครั้งที่ 5 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 1.57×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.57 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.57 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 7.85 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 1.57×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 7.85×10^{-7} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 6 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 7.85×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(7.85 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(7.85 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 3.93 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 7.85×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 3.93×10^{-7} M

ครั้งที่ 7 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 3.93×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(3.93 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(3.93 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.97 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 3.93×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 1.97×10^{-7} M

ครั้งที่ 8 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 1.97×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.97 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.97 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 9.85 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 1.97×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 9.85×10^{-8} M

ครั้งที่ 9 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น 9.85×10^{-8} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ดังนั้น อีกทั้งห้าม (9.85 × 10⁻⁸)(1) = (C₂)(2) อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_2 = \frac{(9.85 \times 10^{-8})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 4.93 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น $9.85 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น $4.93 \times 10^{-8} M$

ครั้งที่ 10 เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น $4.93 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(4.93 \times 10^{-8})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(4.93 \times 10^{-8})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.47 \times 10^{-8} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น $4.93 \times 10^{-8} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น $2.47 \times 10^{-8} M$

2) คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย Pd ที่ทำการเจือจางทั้งหมด 10 ครั้ง

เมื่อน้ำหนักของ Pd ที่อยู่ในสารละลาย คือ $50 \mu\text{g/ml}$

จะเห็นว่า ในสารละลาย 1 ml มี Pd อยู่ $50 \mu\text{g}$

ถ้า ในสารละลาย 1 l มี Pd อยู่ $\frac{50 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3}} = 0.05 \text{ g}$

ดังนั้น น้ำหนักของ Pd ที่อยู่ในสารละลาย คือ 0.05 g/l

และ มวลโมเลกุลของ Pd คือ 106.42 g/mol

ดังนั้น ความเข้มข้นของ Pd = $\frac{0.05}{106.42} = 4.7 \times 10^{-4} M$

คำนวณหาความเข้มข้นจากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Pd ตั้งต้น

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Pd ที่ต้องการ

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย Pd ตั้งต้น ที่แบ่งมา

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย Pd ที่ต้องการ

ครั้งที่ 0 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $4.7 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ สารละลาย Coumarin 153

ความเข้มข้น $5 \times 10^{-5} M$ 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีโทษตามกฎหมายและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $(4.7 \times 10^{-4})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(4.7 \times 10^{-4})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.35 \times 10^{-4} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $4.7 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ สารละลาย Coumarin 153 ความเข้มข้น $5 \times 10^{-5} M$ 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น $2.35 \times 10^{-4} M$

ครั้งที่ 1 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $2.35 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(2.35 \times 10^{-4})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(2.35 \times 10^{-4})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.18 \times 10^{-4} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $2.35 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น $1.18 \times 10^{-4} M$

ครั้งที่ 2 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $1.18 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.18 \times 10^{-4})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.18 \times 10^{-4})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 5.9 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $1.18 \times 10^{-4} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น $5.9 \times 10^{-5} M$

ครั้งที่ 3 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $5.9 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(5.9 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(5.9 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.95 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น $5.9 \times 10^{-5} M$ มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น $2.95 \times 10^{-5} M$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 4 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 2.95×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(2.95 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(2.95 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.48 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 2.95×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น 1.48×10^{-5} M

ครั้งที่ 5 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 1.48×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.48 \times 10^{-5})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.48 \times 10^{-5})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 7.4 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 1.48×10^{-5} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น 7.4×10^{-6} M

ครั้งที่ 6 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 7.4×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(7.4 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(7.4 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 3.7 \times 10^{-6} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 7.4×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น 3.7×10^{-6} M

ครั้งที่ 7 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 3.7×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(3.7 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(3.7 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 1.85 \times 10^{-6} M$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 3.7×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น 1.85×10^{-6} M

ครั้งที่ 8 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 1.85×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(1.85 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(1.85 \times 10^{-6})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 9.25 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 1.85×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น 9.25×10^{-7} M

ครั้งที่ 9 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 9.25×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(9.25 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(9.25 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 4.63 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 9.25×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น 4.63×10^{-7} M

ครั้งที่ 10 เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 4.63×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

ดังนั้น $(4.63 \times 10^{-7})(1) = (C_2)(2)$

$$C_2 = \frac{(4.63 \times 10^{-7})(1)}{(2)}$$

$$C_2 = 2.32 \times 10^{-7} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Pd ความเข้มข้น 4.63×10^{-7} M มา 1 ml ผสมกับ Ethanol 1 ml จะได้สารละลาย Pd ที่มีความเข้มข้น 2.32×10^{-7} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. การจัดเตรียมสารละลายสารสีย้อม R6G และสารละลาย Au@Pd สำหรับจัดเตรียมฟิล์มบาง

1.3.1 วิธีการคำนวณปริมาณสาร R6G เพื่อเตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 30 ml

เมื่อ R6G มีมวลโมเลกุล 479.01 g/mol

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } \frac{g}{MW} = \frac{N_1 V_1}{1000}$$

เมื่อ g คือ ปริมาณสาร R6G ที่ต้องการ

MW คือ มวลโมเลกุลของ R6G

N_1 คือ ความเข้มข้น (10^{-3} M)

V_1 คือ ปริมาตร (หน่วยเป็น ml)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณ R6G ที่ต้องชั่ง (g)} &= \frac{10^{-3} \times 30 \times 479.01}{1000} \\ &= 0.0144 \text{ g} \end{aligned}$$

ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M ปริมาตร 30 ml ได้ โดยการชั่ง R6G มา 0.0144 g ละลายด้วย DCM 30 ml

1.3.2 วิธีการเตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยการทำให้อเจือจาง

คำนวณได้จากสูตร $C_1 V_1 = C_2 V_2$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย R6G ตั้งต้น

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย R6G ที่ต้องการ

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย R6G ตั้งต้น ที่ต้องแบ่งมา

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย R6G ที่ต้องการ

1) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1 V_1 = C_2 V_2$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-3})(V_1) = (10^{-5})(10)$$

$$V_1 = \frac{(10^{-5})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 0.1 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 0.1 ml ผสมกับ DCM 9.9 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 2×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (10^{-3})(V_1) = (2 \times 10^{-5})(10)$$

$$V_1 = \frac{(2 \times 10^{-5})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 0.2 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 0.2 ml ผสมกับ DCM 9.8 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 2×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

3) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 4×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (10^{-3})(V_1) = (4 \times 10^{-5})(10)$$

$$V_1 = \frac{(4 \times 10^{-5})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 0.4 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 0.4 ml ผสมกับ DCM 9.6 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 4×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

4) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 6×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (10^{-3})(V_1) = (6 \times 10^{-5})(10)$$

$$V_1 = \frac{(6 \times 10^{-5})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 0.6 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 0.6 ml ผสมกับ DCM 9.4 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 6×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

5) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 8×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (10^{-3})(V_1) = (8 \times 10^{-5})(10)$$

$$V_1 = \frac{(8 \times 10^{-5})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 0.8 \text{ ml}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 0.8 ml ผสมกับ DCM 9.2 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 8×10^{-5} M ปริมาตร 10 ml

6) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-3})(V_1) = (10^{-4})(10)$$

$$V_1 = \frac{(10^{-4})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 9 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

7) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 2×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-3})(V_1) = (2 \times 10^{-4})(10)$$

$$V_1 = \frac{(2 \times 10^{-4})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 2 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 2 ml ผสมกับ DCM 8 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 2×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

8) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 4×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-3})(V_1) = (4 \times 10^{-4})(10)$$

$$V_1 = \frac{(4 \times 10^{-4})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 4 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 4 ml ผสมกับ DCM 6 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 4×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

9) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 6×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-3})(V_1) = (6 \times 10^{-4})(10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายานาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา $V_1 = \frac{(6 \times 10^{-4})(10)}{(10^{-3})}$ ต้องเข้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_1 = 6 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 6 ml ผสมกับ DCM 4 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 6×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

10) เตรียมสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 8×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (10^{-3})(V_1) = (8 \times 10^{-4})(10)$$

$$V_1 = \frac{(8 \times 10^{-4})(10)}{(10^{-3})}$$

$$V_1 = 8 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 10^{-3} M มา 8 ml ผสมกับ DCM 2 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 8×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml

1.3.3 คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย Au@Pd

เมื่อ น้ำหนักของ Pd ที่อยู่ในสารละลาย คือ $13 \mu\text{g/ml}$

จะเห็นว่า ในสารละลาย 1 ml มี Pd อยู่ $13 \mu\text{g}$

$$\text{ถ้า ในสารละลาย 1 l มี Pd อยู่ } \frac{13 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3}} = 0.013 \text{ g}$$

ดังนั้น น้ำหนักของ Pd ที่อยู่ในสารละลาย คือ 0.013 g/l

และ มวลโมเลกุลของ Pd คือ 106.42 g/mol

$$\text{ดังนั้น ความเข้มข้นของ Au@Pd} = \frac{0.013}{106.42} = 1.22 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Au@Pd ตั้งต้น

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลาย Au@Pd ที่ต้องการ

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลาย Au@Pd ตั้งต้น ที่แบ่งมา

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลาย Au@Pd ที่ต้องการ

1) เตรียมสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-5} M ปริมาตร 2 ml โดยการทำให้เจือจางจากสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (1.22 \times 10^{-4})(V_1) = (1.22 \times 10^{-5})(2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา $V_1 = \frac{(1.22 \times 10^{-5})(2)}{(1.22 \times 10^{-4})}$ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_1 = 0.2 \text{ ml}$$

ดังนั้น นำสารละลาย Au@Pd ที่ความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M มา 8 ml ผสมกับ น้ำ DI 2 ml จะได้สารละลาย R6G ที่ความเข้มข้น 1.22×10^{-5} M ปริมาตร 2 ml

2) คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย Au@Pd

- เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น 1.22×10^{-5} M มา 1.2 ml ผสมกับ น้ำ DI 0.8 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (1.22 \times 10^{-5})(1.2) = (C_2)(2)$$

$$C_2 = \frac{(1.22 \times 10^{-5})(1.2)}{(2)}$$

$$C_2 = 7.32 \times 10^{-6} \text{ M}$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-5} M มา 1.2 ml ผสมกับ น้ำ DI 0.8 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M

- เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 2.2 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (7.32 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(3.2)$$

$$C_2 = \frac{(7.32 \times 10^{-6})(1)}{(3.2)}$$

$$C_2 = 2.29 \times 10^{-6} \text{ M}$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 2.2 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 2.29×10^{-6} M

- เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 1.1 ml

คำนวณได้จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\text{ดังนั้น} \quad (7.32 \times 10^{-6})(1) = (C_2)(2.1)$$

$$C_2 = \frac{(7.32 \times 10^{-6})(1)}{(2.1)}$$

$$C_2 = 3.49 \times 10^{-6} \text{ M}$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 7.32×10^{-6} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 1.1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 3.49×10^{-6} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 1.1 ml

$$\text{คำนวณได้จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{ดังนั้น } (1.22 \times 10^{-4})(1) = (C_2)(2.1)$$

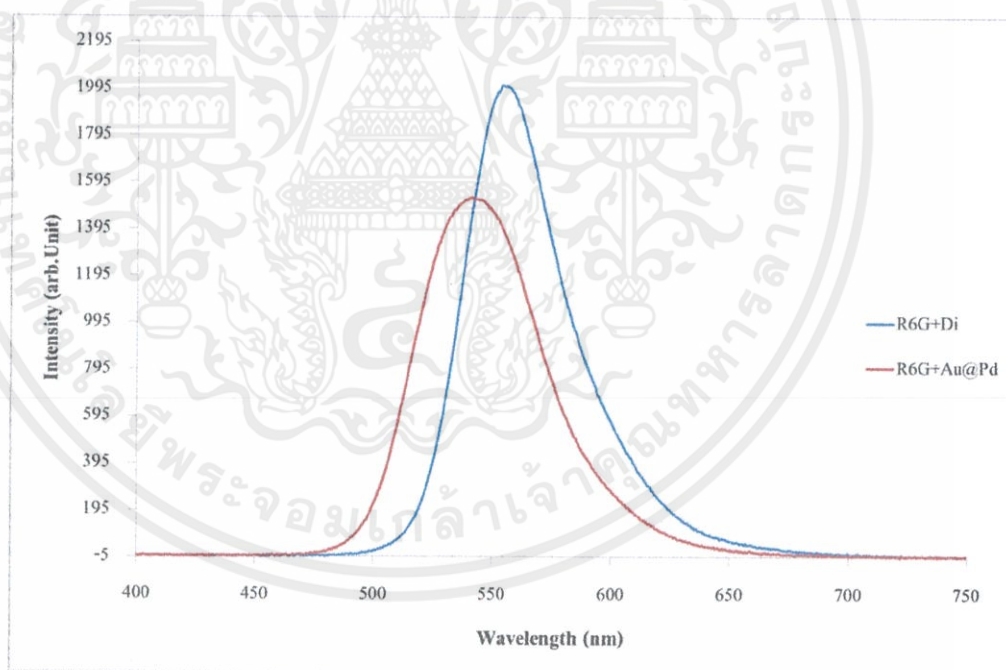
$$C_2 = \frac{(1.22 \times 10^{-4})(1)}{(2.1)}$$

$$C_2 = 5.81 \times 10^{-5} M$$

ดังนั้น เมื่อนำสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.22×10^{-4} M มา 1 ml ผสมกับ DCM 1.1 ml จะได้สารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 5.81×10^{-5} M

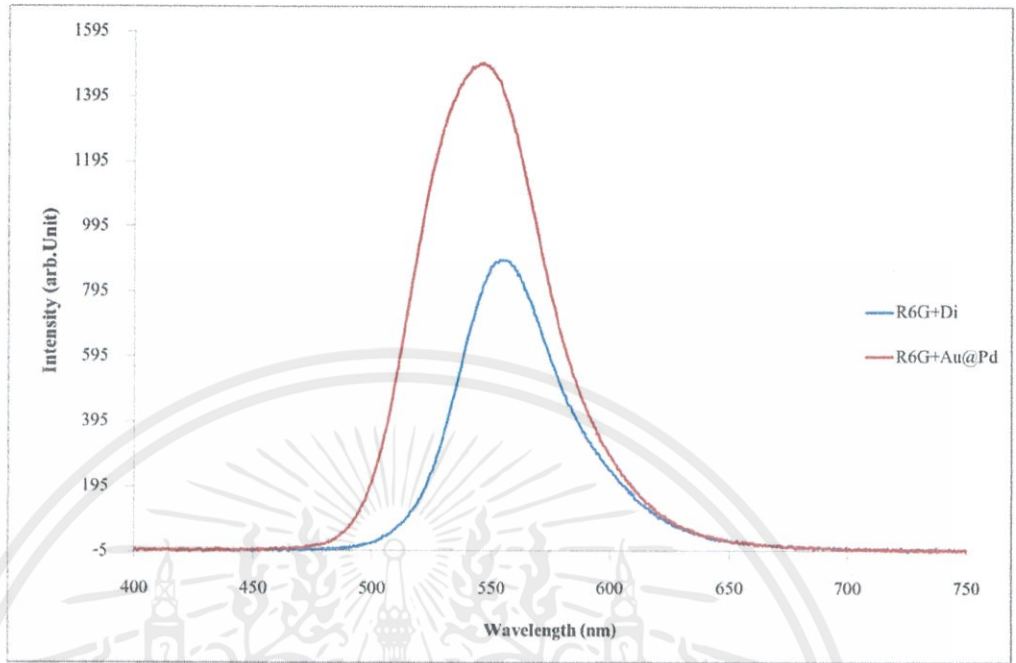
2. การทดลอง

ผลการศึกษาการเปล่งแสงของ Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Rhodamine 6G (R6G) ที่เจือจางด้วยน้ำ DI จำนวน 10 ความเข้มข้น ครั้งที่ 2

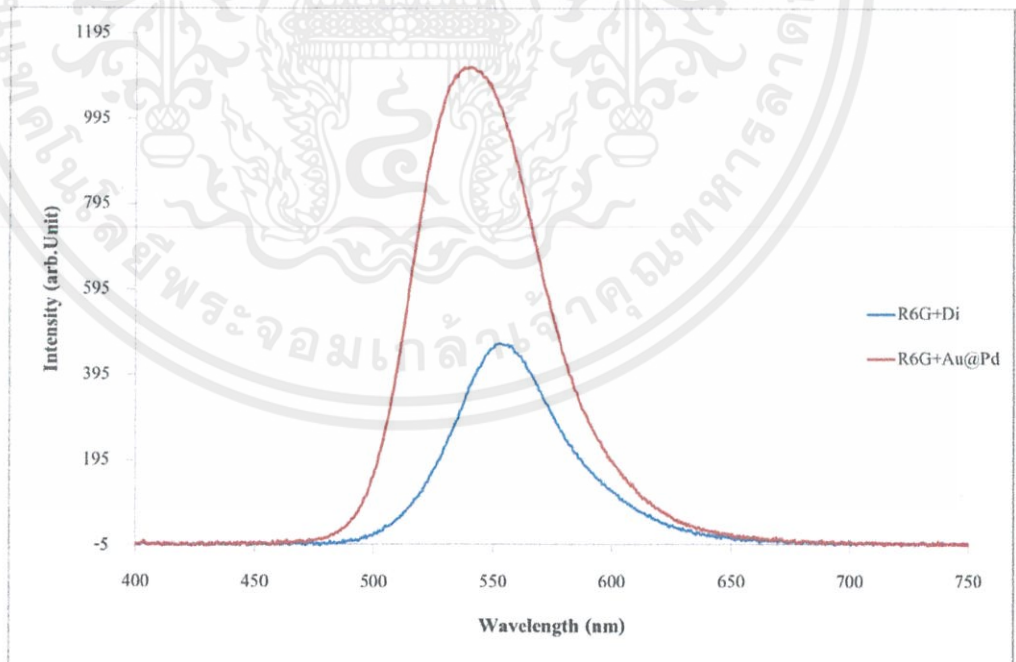


รูปที่ 1 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 3.05×10^{-5} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 1.5×10^{-6} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

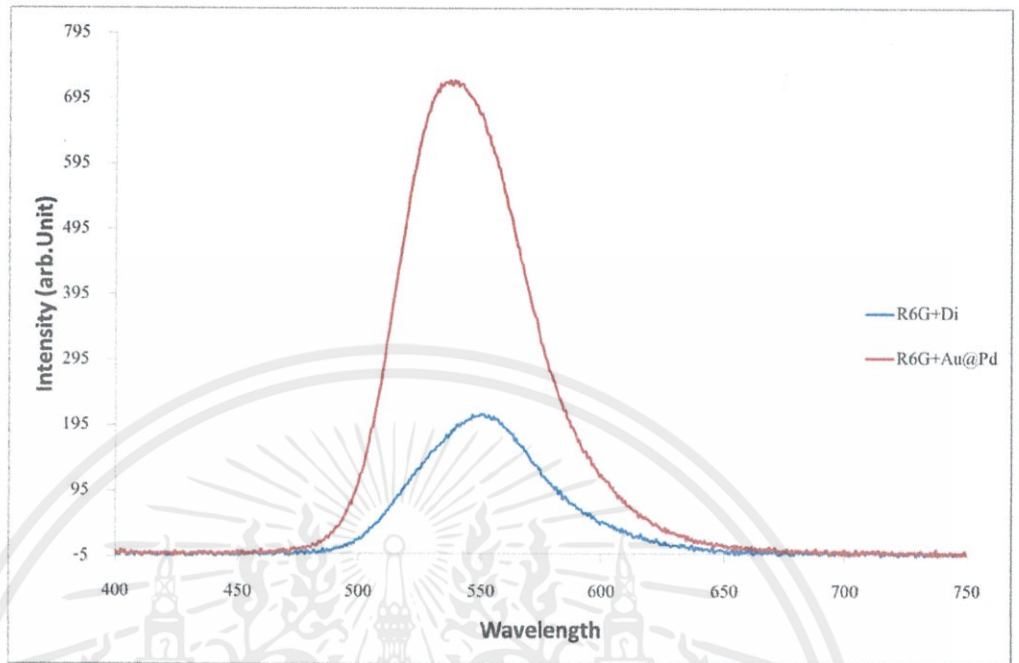


รูปที่ 2 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.53×10^{-5} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 7.5×10^{-7} M

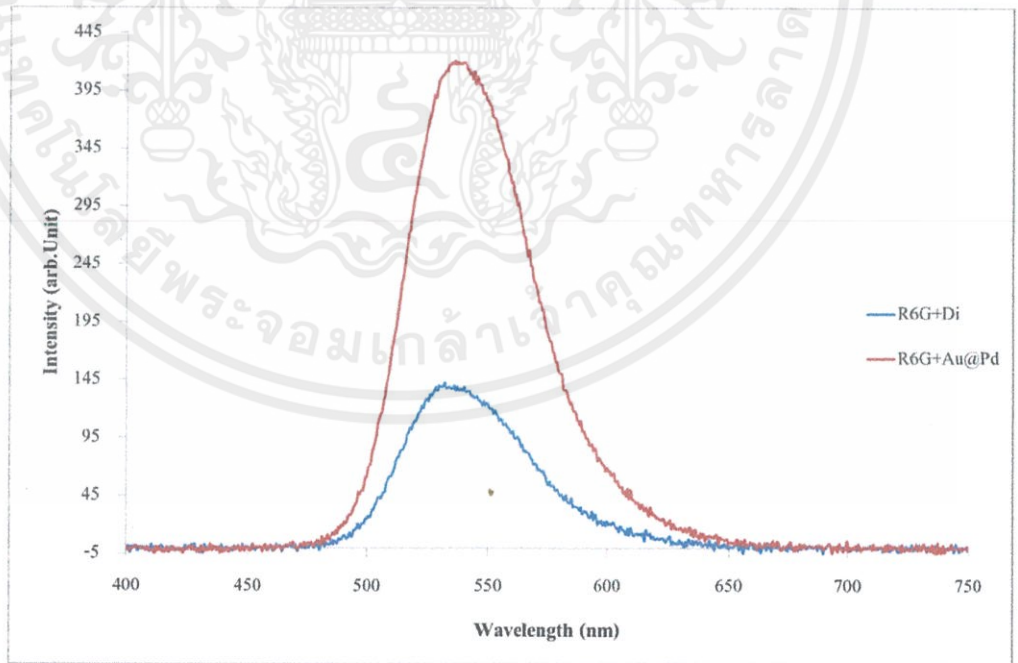


รูปที่ 3 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 7.65×10^{-6} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 3.75×10^{-7} M

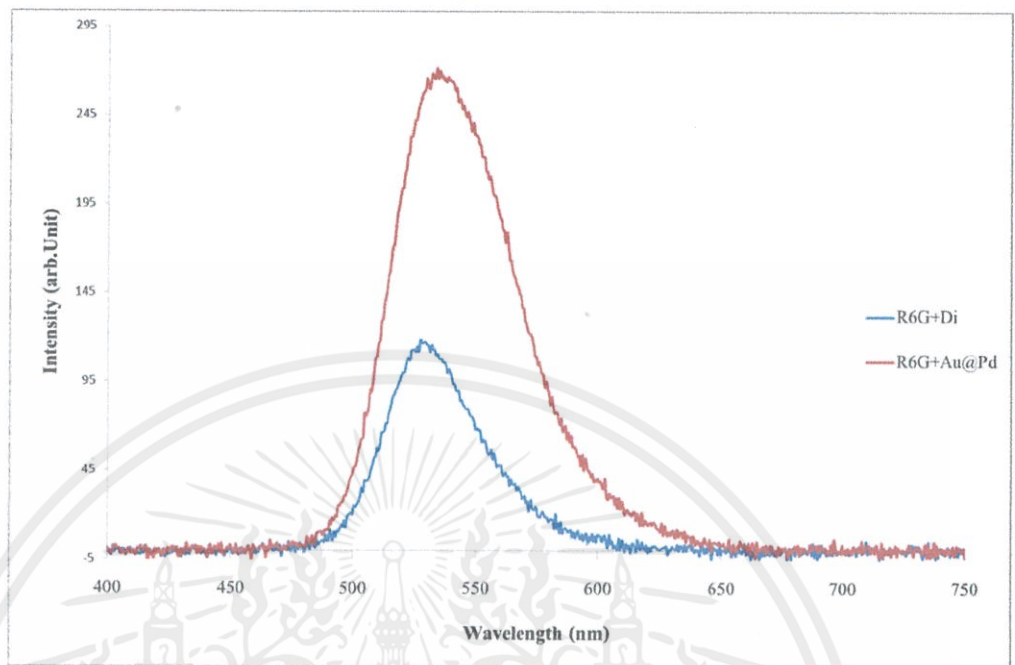
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



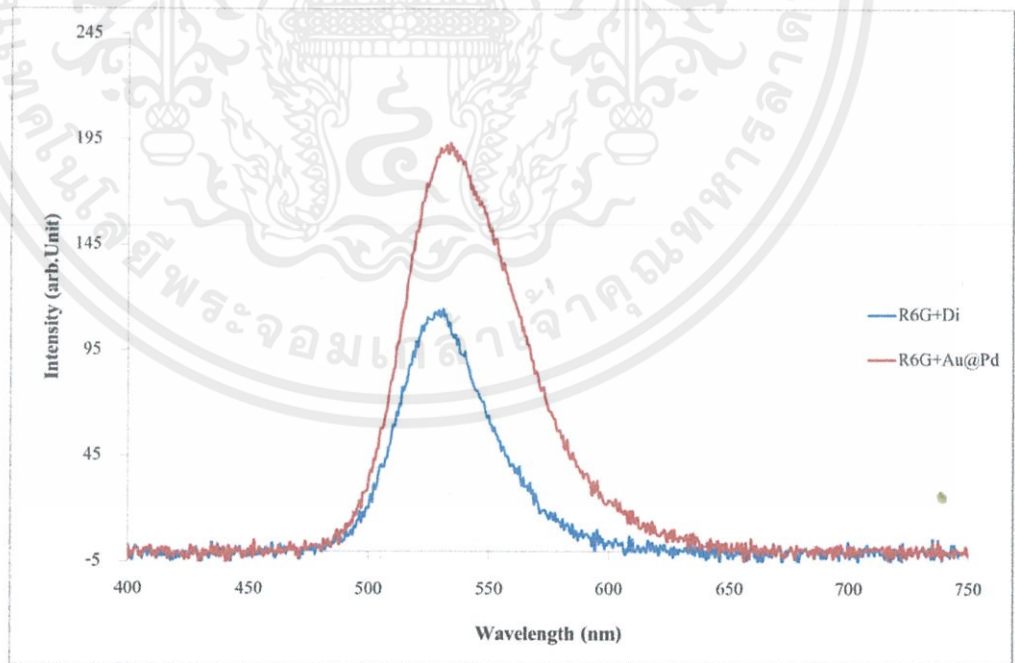
รูปที่ 4 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 3.83×10^{-6} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 1.88×10^{-7} M



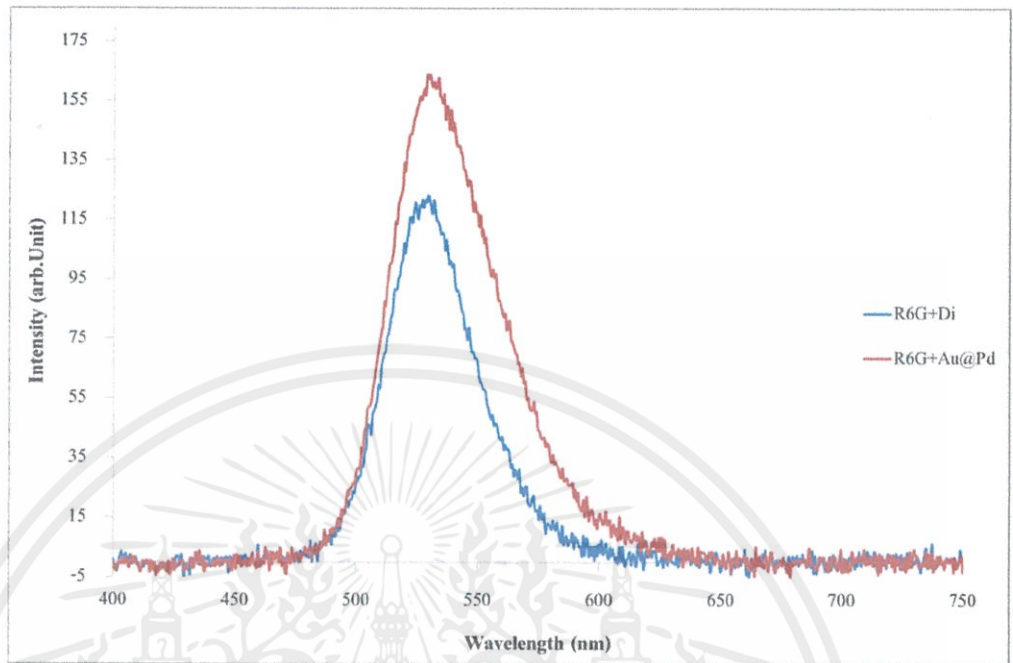
รูปที่ 5 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.92×10^{-6} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 9.40×10^{-8} M



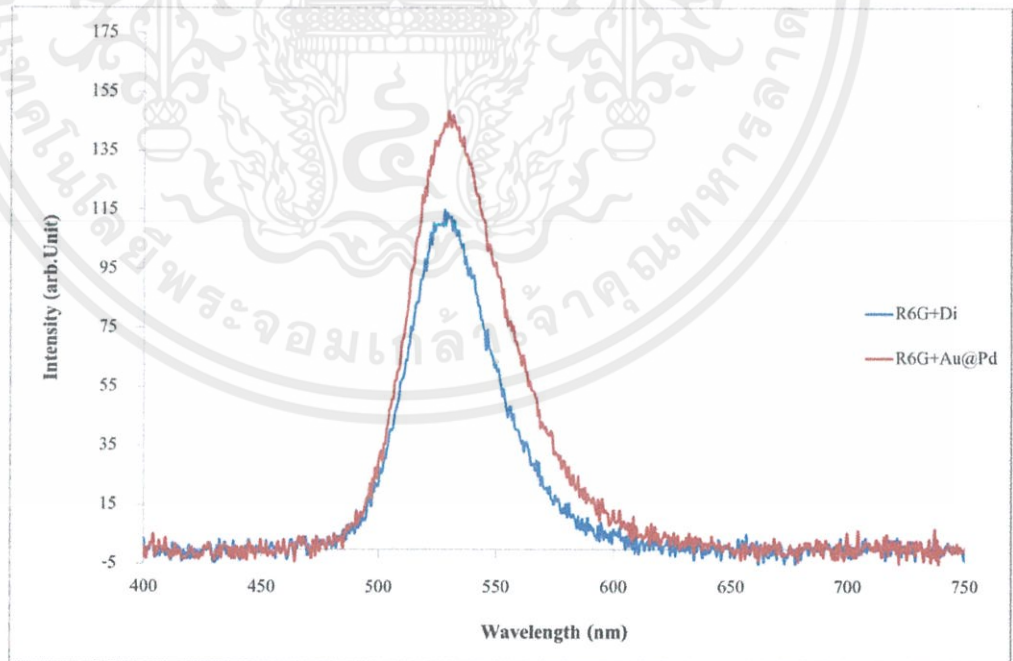
รูปที่ 6 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 9.60×10^{-7} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 4.70×10^{-8} M



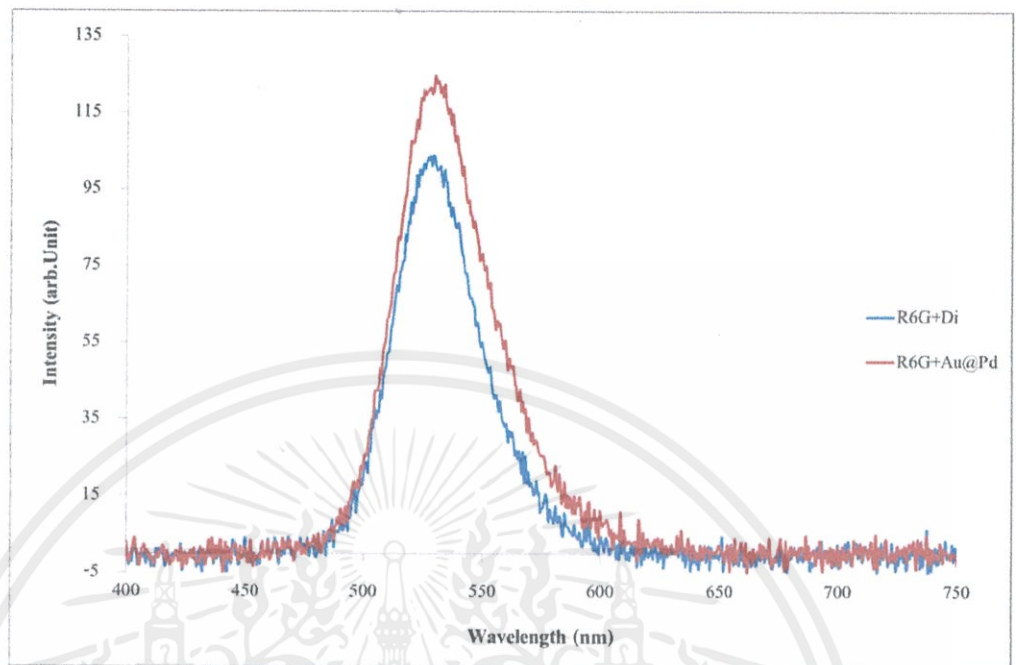
รูปที่ 7 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 4.80×10^{-7} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 2.35×10^{-8} M



รูปที่ 8 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 2.40×10^{-7} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 1.18×10^{-8} M



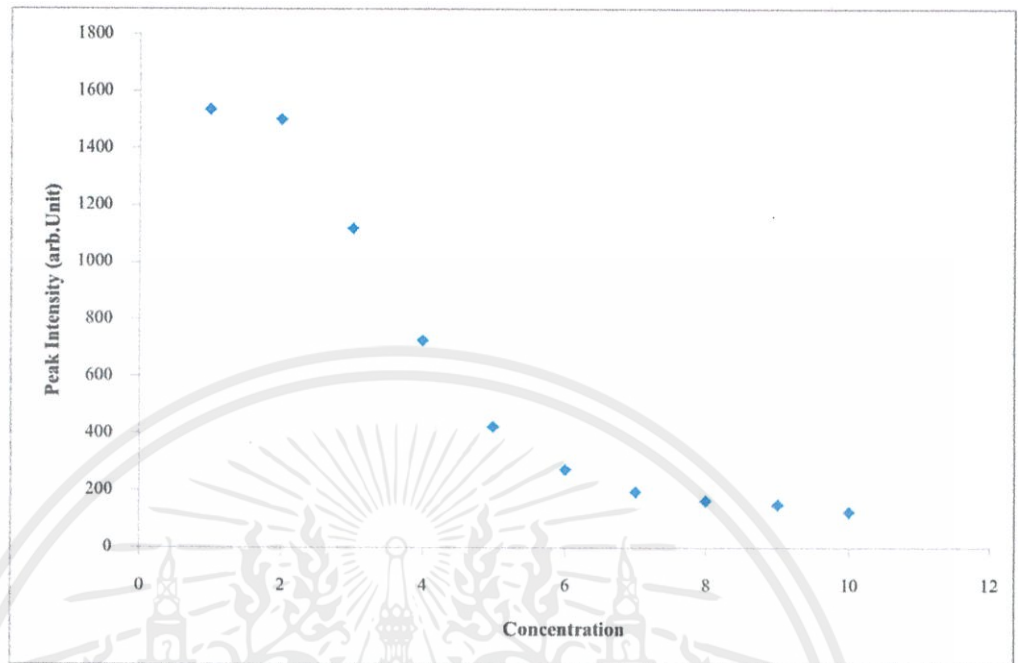
รูปที่ 9 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 1.20×10^{-7} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 5.90×10^{-9} M



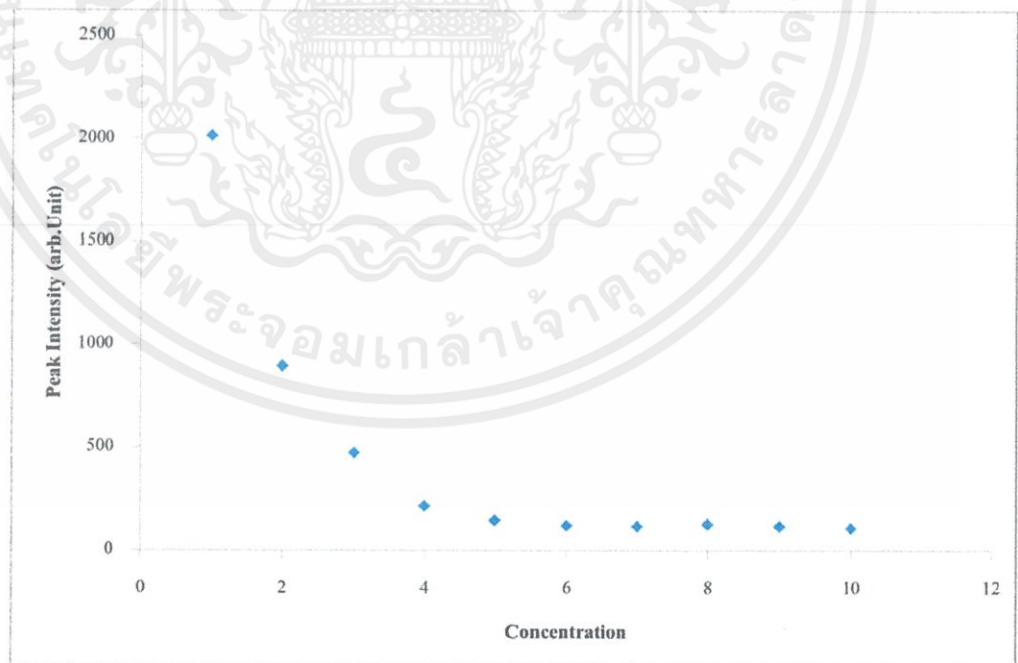
รูปที่ 10 แสดงสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Au@Pd ที่มีความเข้มข้น 6.00×10^{-8} M และสารละลาย R6G ที่มีความเข้มข้น 2.95×10^{-9} M

เมื่อนำค่าพีการเปล่งแสงของ Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับ Gold/Palladium (Au@Pd) และ Rhodamine R6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI มาพลอตกราฟความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของ Gold/Palladium (Au@Pd) จะได้กราฟดังรูปที่ 11 และ 12 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลูออเรสเซนซ์ของ Rhodamine 6G ที่ผสมกับ Gold/Palladium (Au@Pd) กับความเข้มข้นของ Gold/Palladium (Au@Pd)



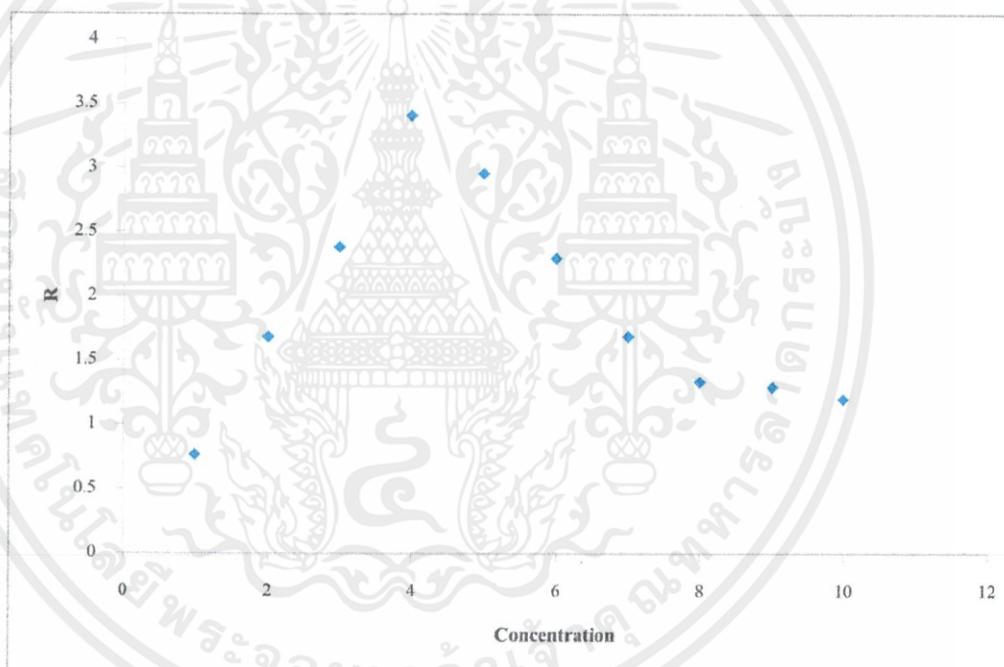
รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปล่งแสงของ Rhodamine 6G ที่ผสมกับน้ำ DI กับความเข้มข้นของ Gold/Palladium (Au@Pd)

เมื่อทำการคำนวณค่าอัตราส่วนของพีคความเข้มแสงของสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับน้ำ DI และสารละลาย Rhodamine 6G (R6G) ที่ผสมกับ Gold/Palladium (Au@Pd) โดยอาศัยสมการ

$$R = \frac{\text{Peak R6G + Au@Pd}}{\text{Peak R6G + DI}}$$

โดย R คือ ค่าอัตราส่วน

และเมื่อนำ R และความเข้มข้นของ Gold/Palladium (Au@Pd) มาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกับความเข้มข้นของ Gold/Palladium (Au@Pd) จะได้กราฟดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพีคการเปล่งแสงกับความเข้มข้นของ Gold/Palladium

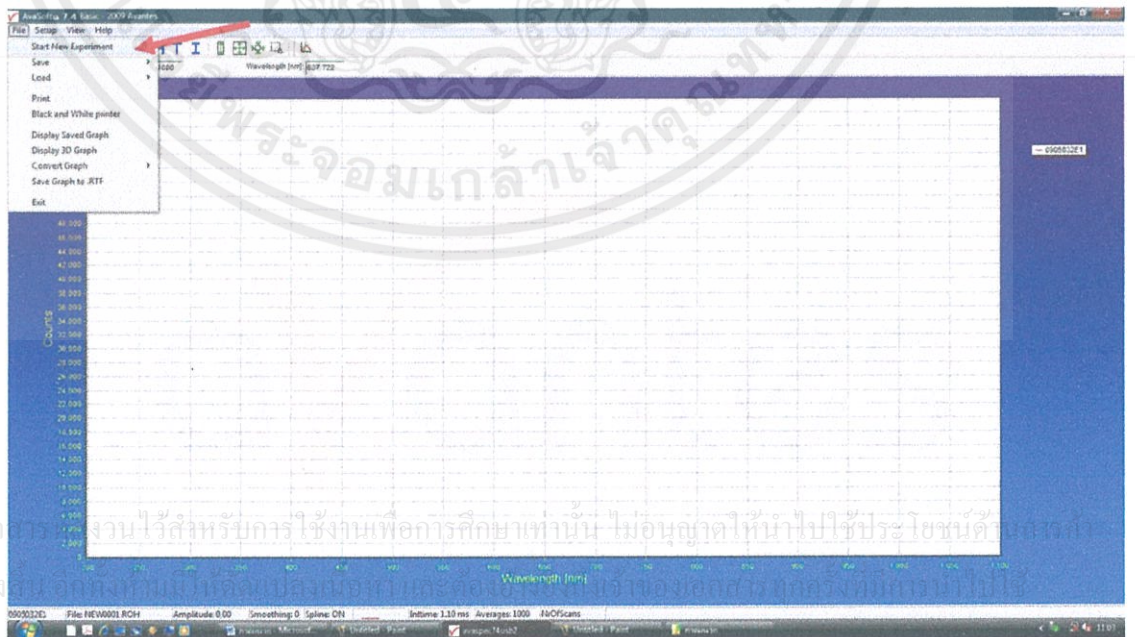
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้โปรแกรม Avasoft

1. เปิดโปรแกรม Avasoft

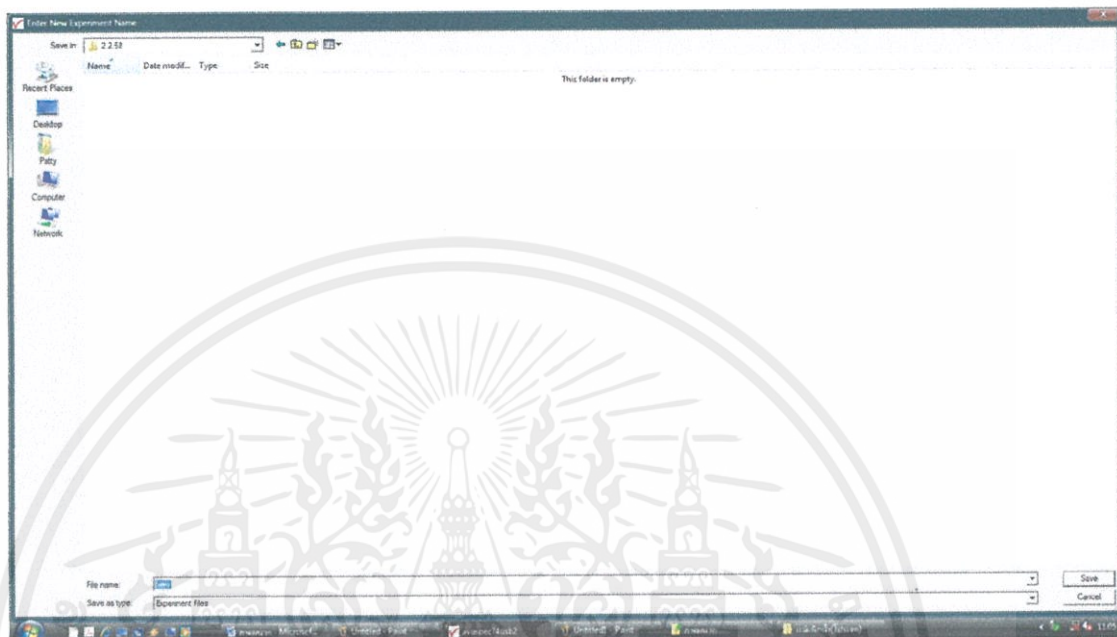


2. จะแสดงหน้าจอของโปรแกรม จากนั้น กด File > Start New Experiment เพื่อทำการตั้งชื่อไฟล์งาน



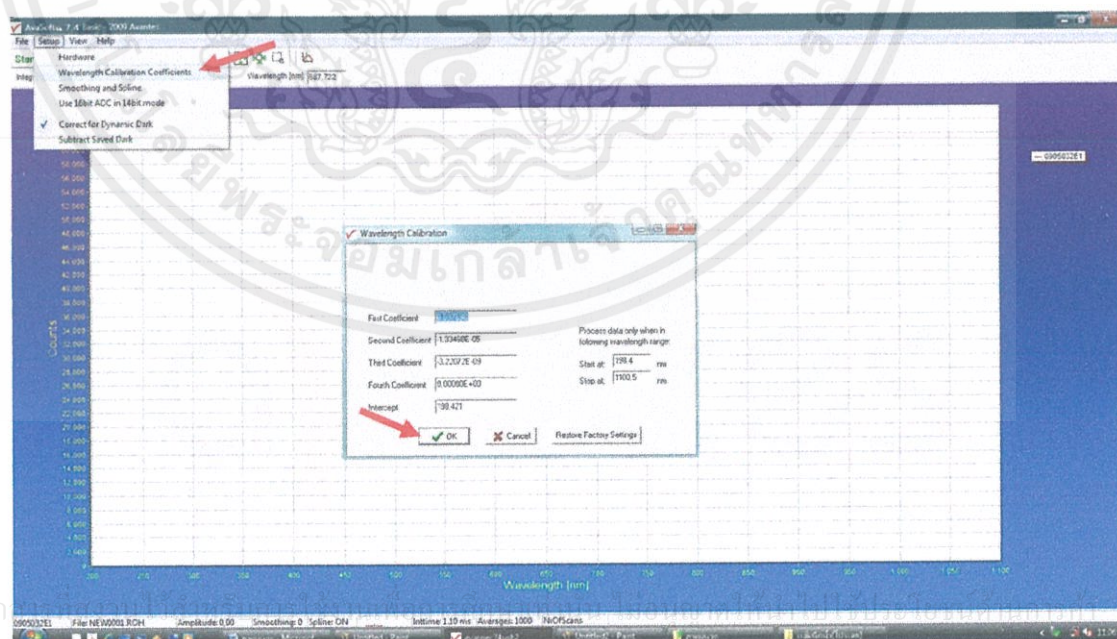
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้จัดทำเอกสาร

3. ใส่ชื่อไฟล์งานที่เราต้องการ กด Save เพื่อทำการบันทึก



4. ทำการตั้งค่าเครื่อง

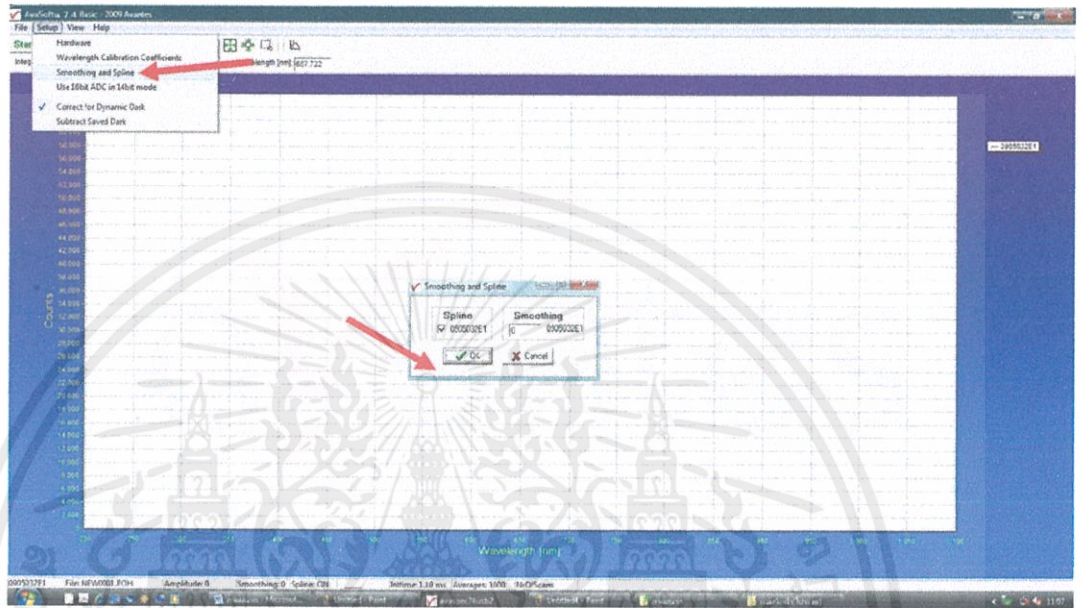
- กด Set Up > Wavelength Calibration Coefficients > OK



เอกสารนี้เป็นเอก

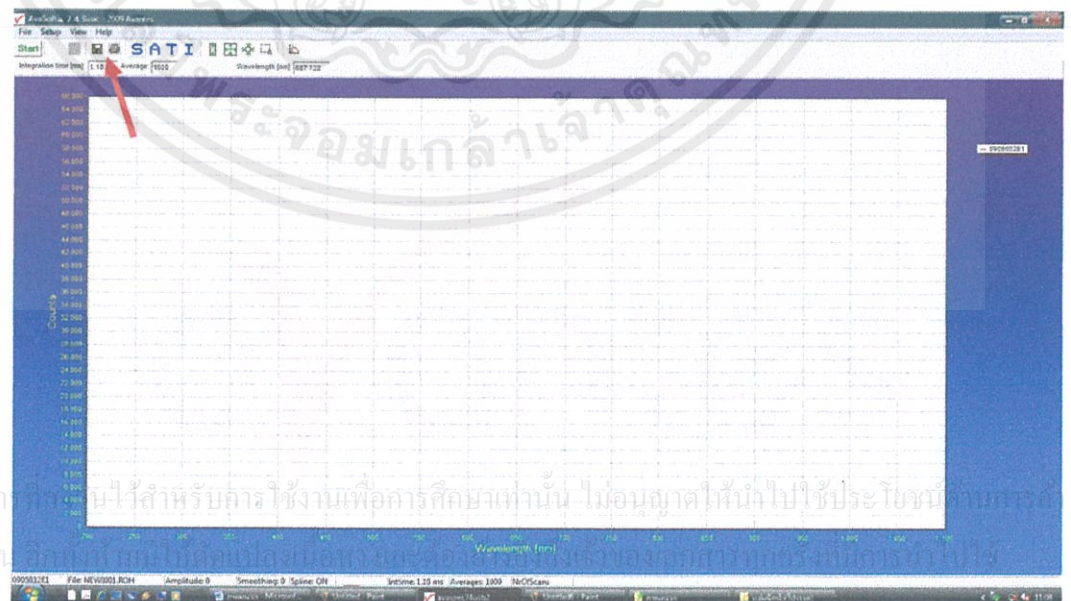
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กด Set Up > Smoothing and Spline กดเลือกที่ Spline และค่าของ Smoothing ต้องเท่ากับศูนย์ จากนั้นกด OK

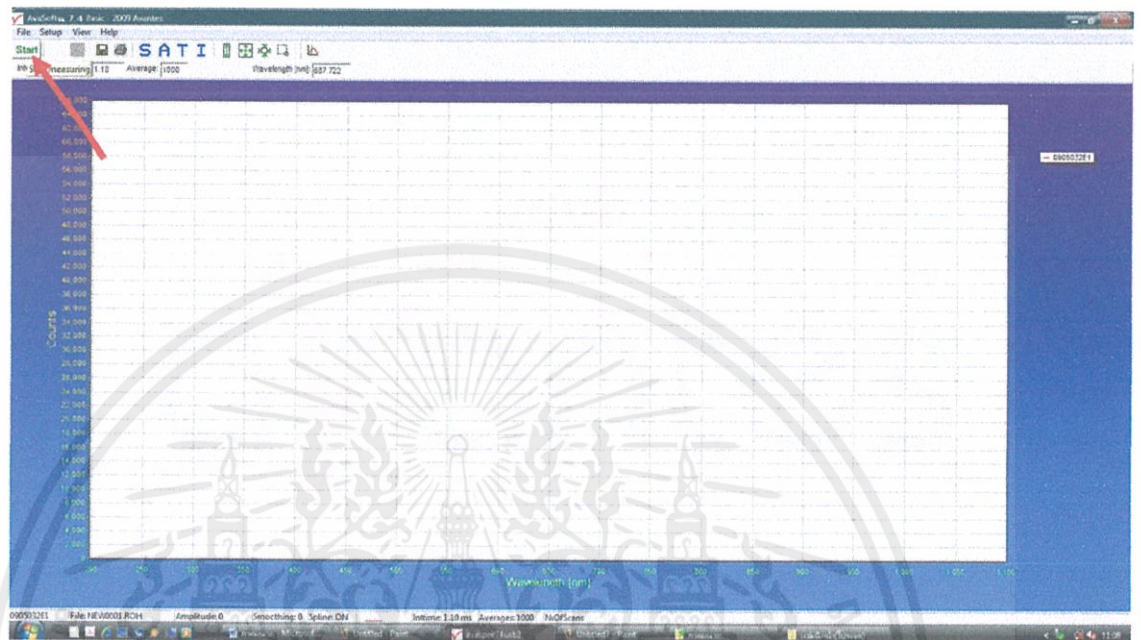


5. การวัด Dark เพื่อที่จะบันทึกสัญญาณรบกวนภายในที่เกิดจากเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งการวัดสัญญาณรบกวนจะต้องทำการวัดทุกครั้ง หลังจากเปิดโปรแกรมขึ้นมา

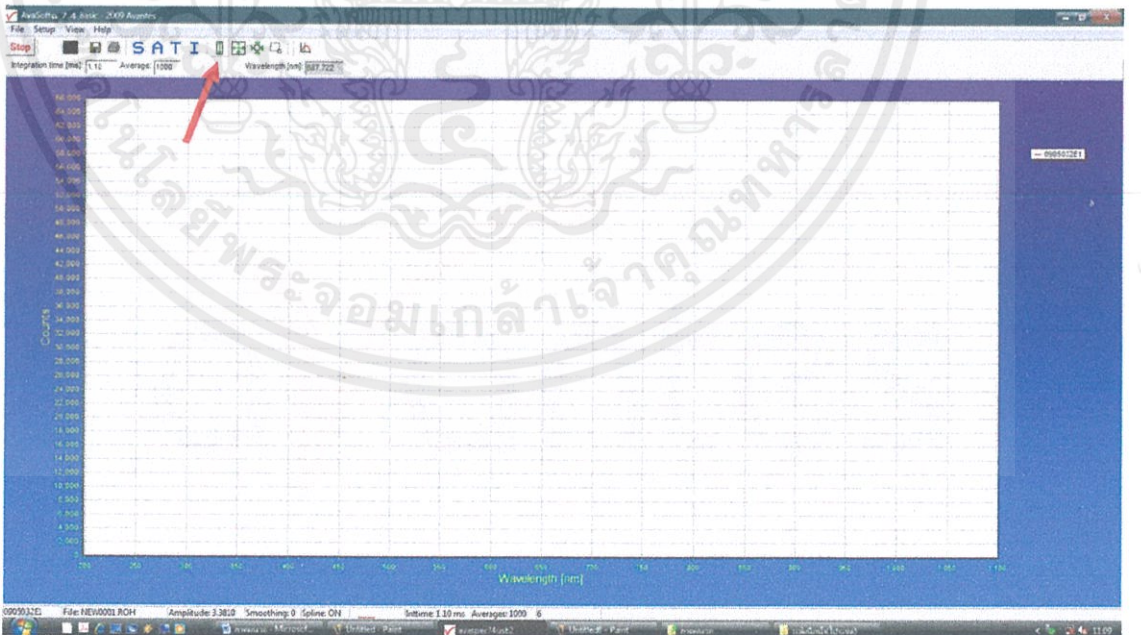
- กด S (Scope mode)



- กด Start

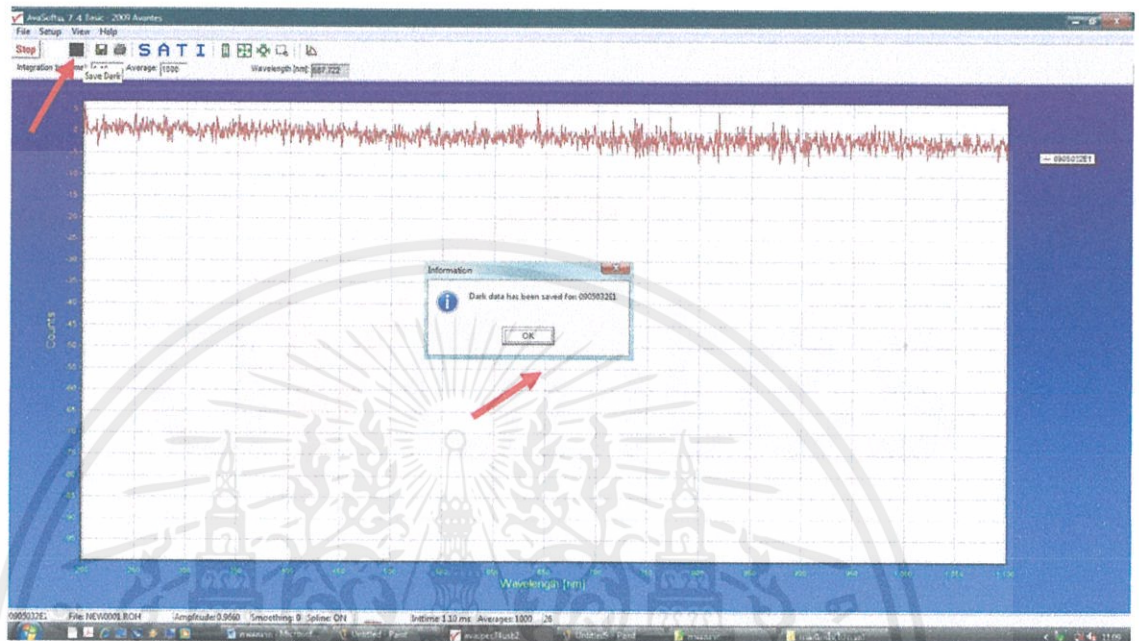


- กด  (Autoscale Y-Axis)

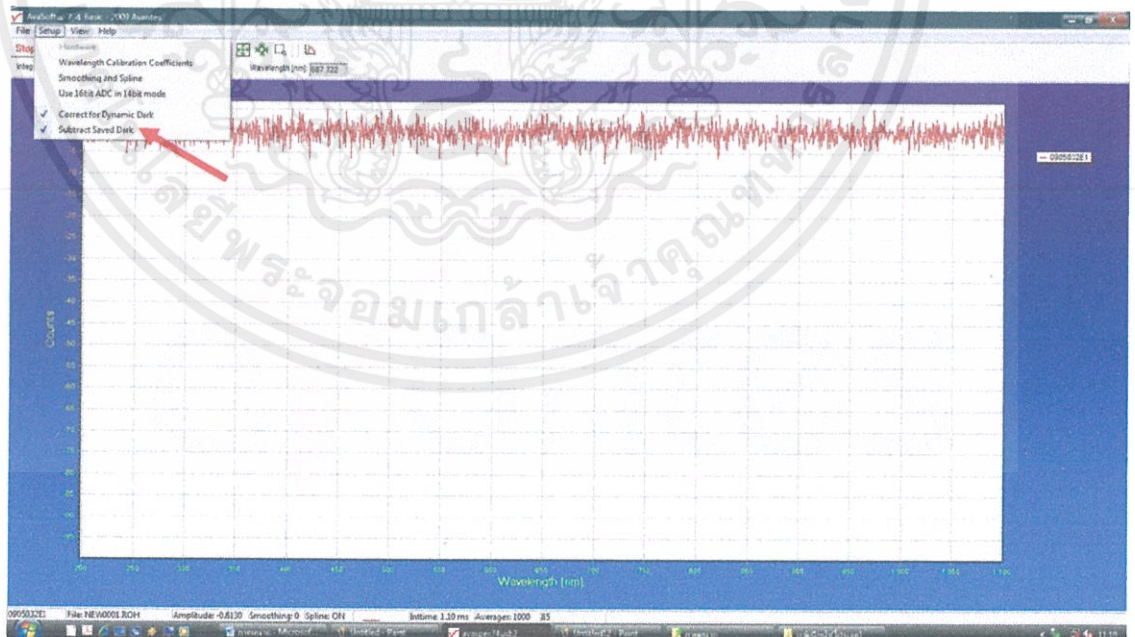


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กด  (Save dark) > OK

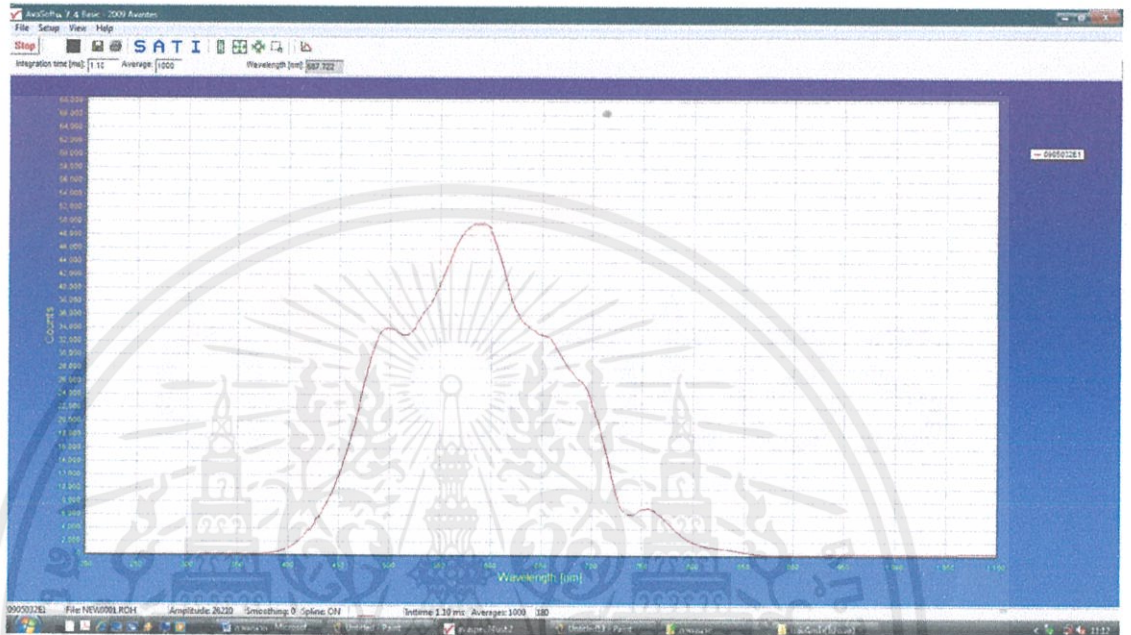


6. กด Set Up เลือก Subtract Saved Dark

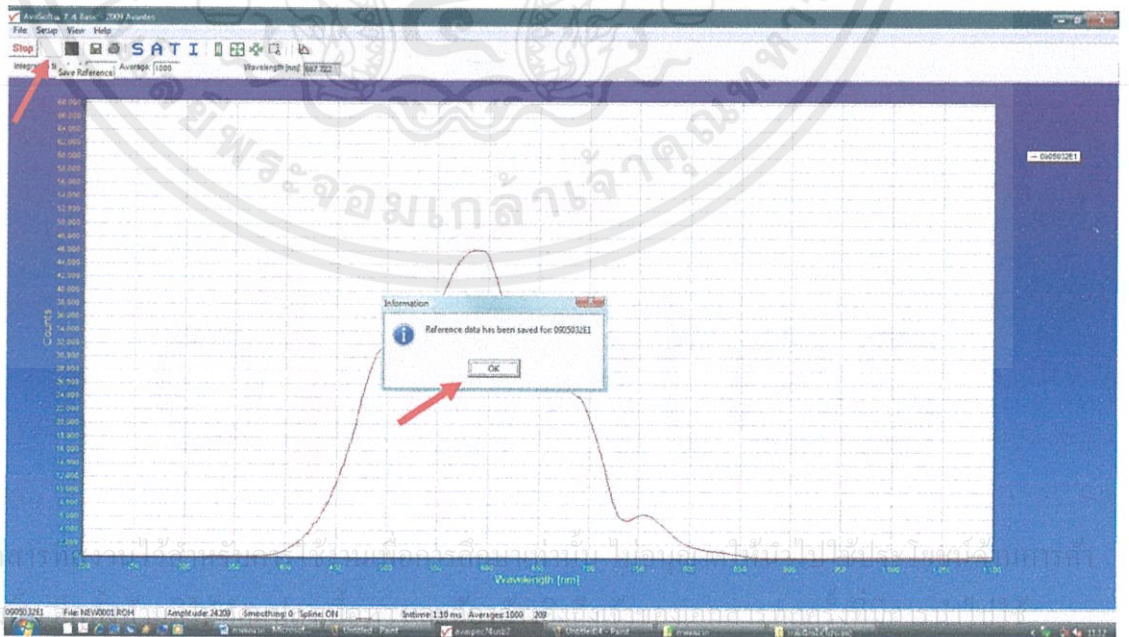


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. จากนั้นต่อสายไฟเบอร์เข้ากับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ เปิด Light Source และทำการปรับให้ Light cont. มีค่า 50,000 counts.

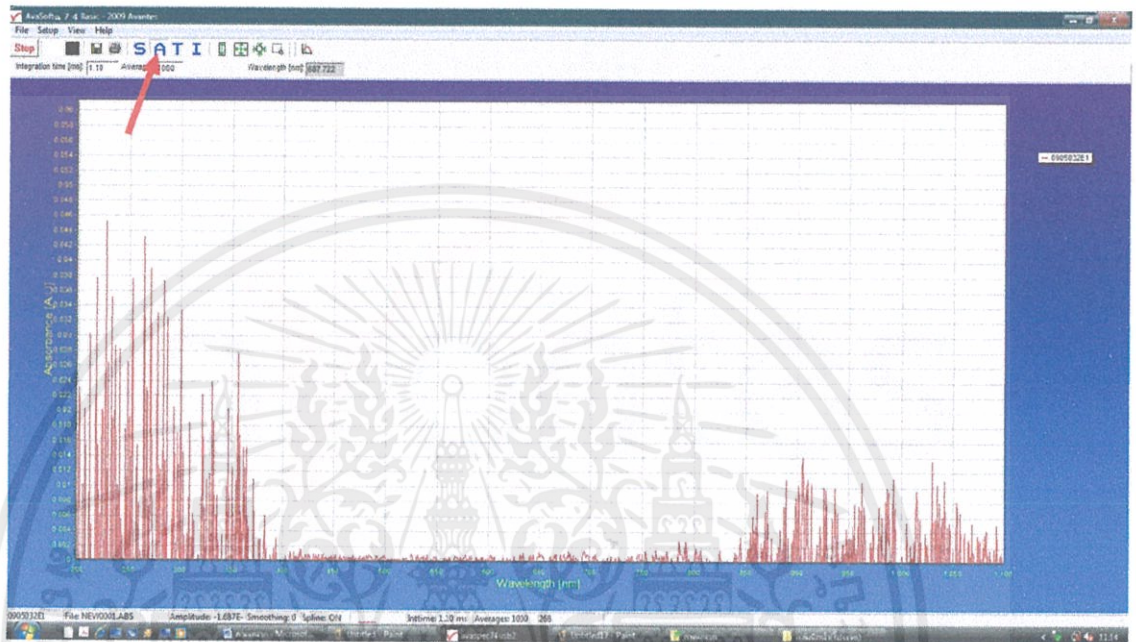


8. ทำการวัด White โดยวางแผ่นฟิล์ม PMMA หรือคิวเวทที่บรรจุน้ำ D.I เพื่อทำการวัดความเข้มแสงอ้างอิง จากนั้นกด (Save Reference) > OK

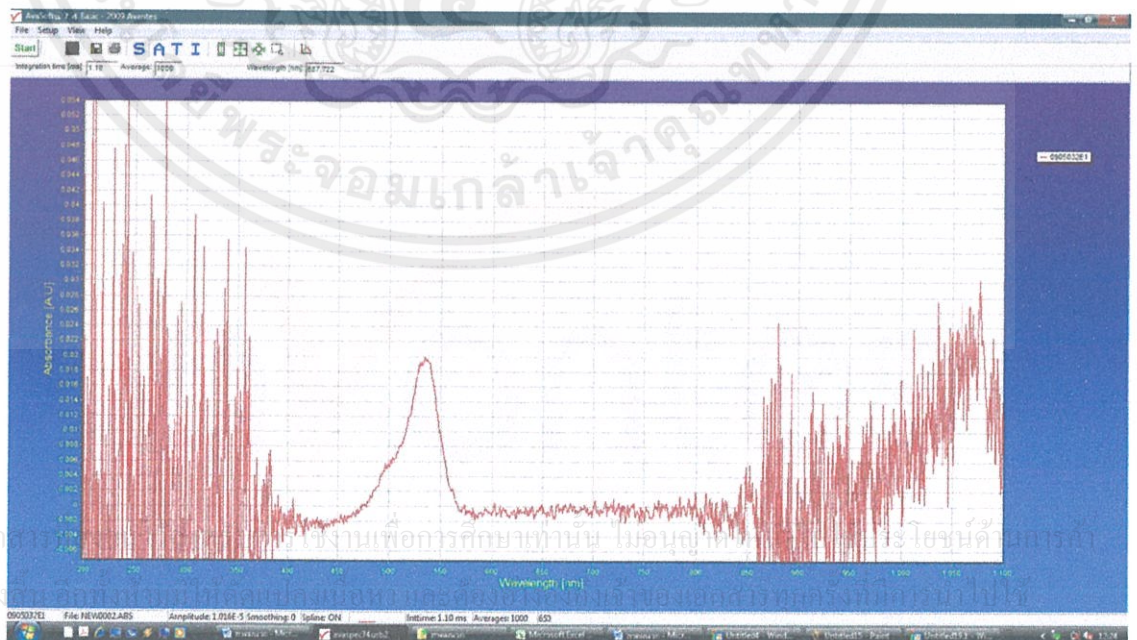


เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ผ่านการฉีกขาด

9. ทำการวัด Absorption กต A (Absorbance mode) (จะมีต้องไม่มีฟีกเกิดขึ้น เนื่องจากเป็นแผ่นฟิล์ม PMMA หรือคิวเวทที่บรรจุน้ำ D.I)

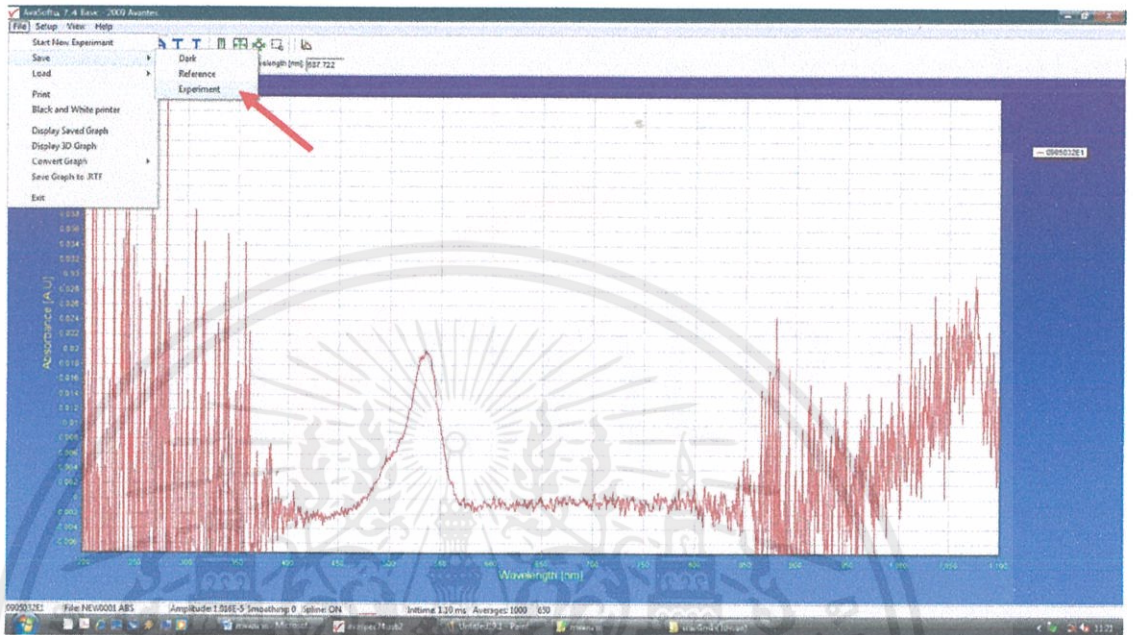


10. ทำการเปลี่ยนแผ่นฟิล์มหรือคิวเวทที่บรรจุสารละลายที่ต้องการวัด เพื่อให้โปรแกรมคำนวณความเข้มแสงออกมาเป็นค่าการดูดกลืน

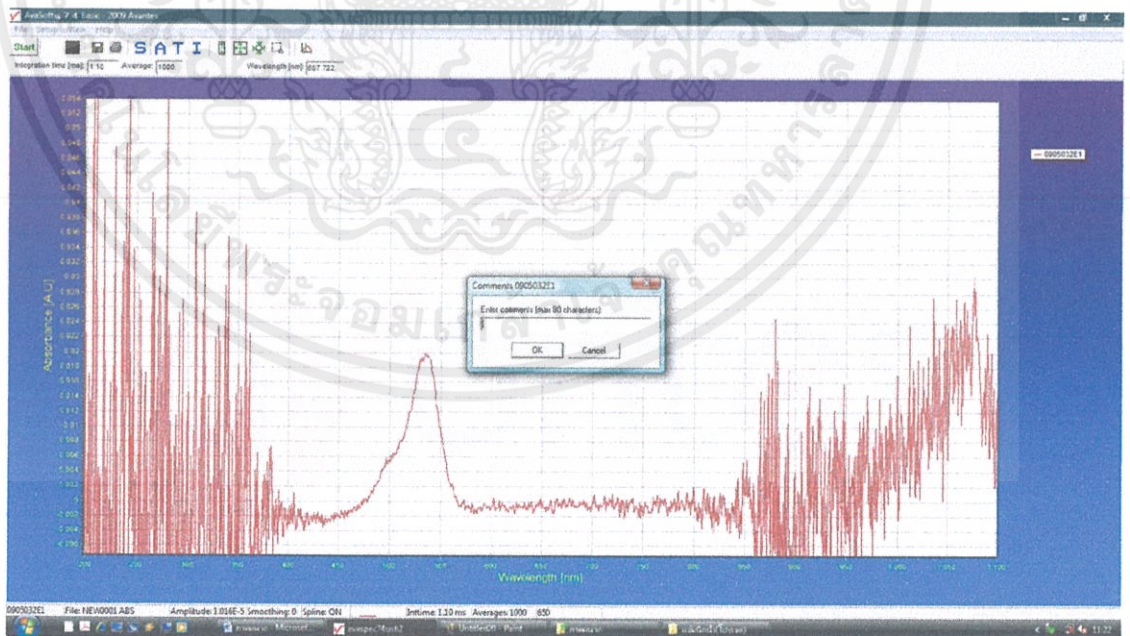


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษานานาชาติ โดยไม่มีค่าการค้า

11. จากนั้นทำการบันทึกข้อมูล กด File > Save > Experiment

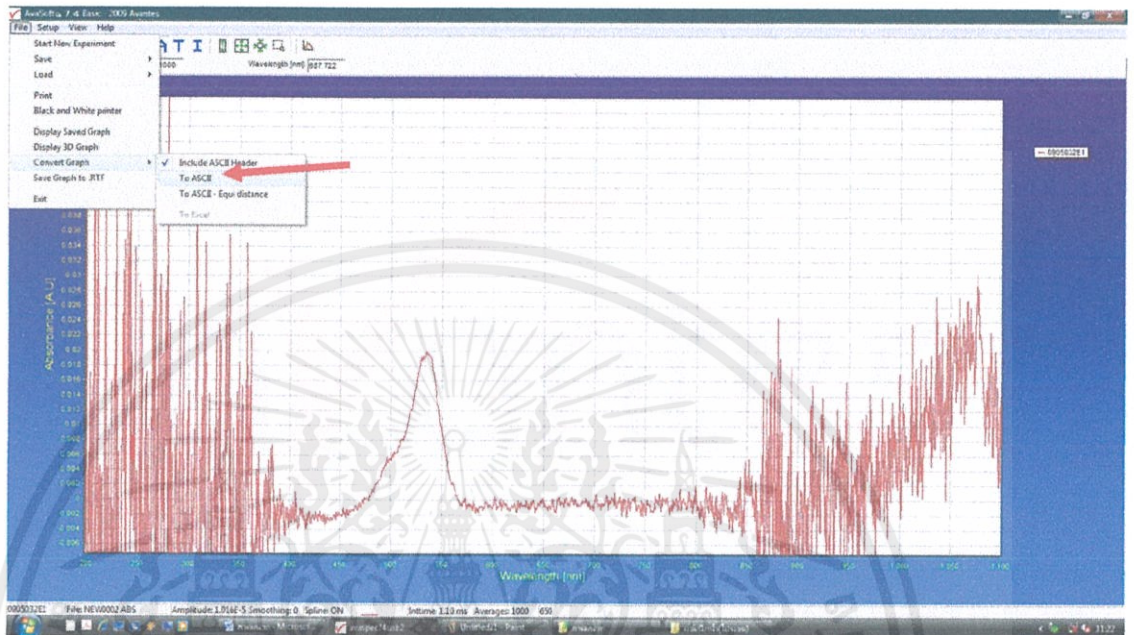


12. ตั้งชื่อไฟล์ แล้วกด OK

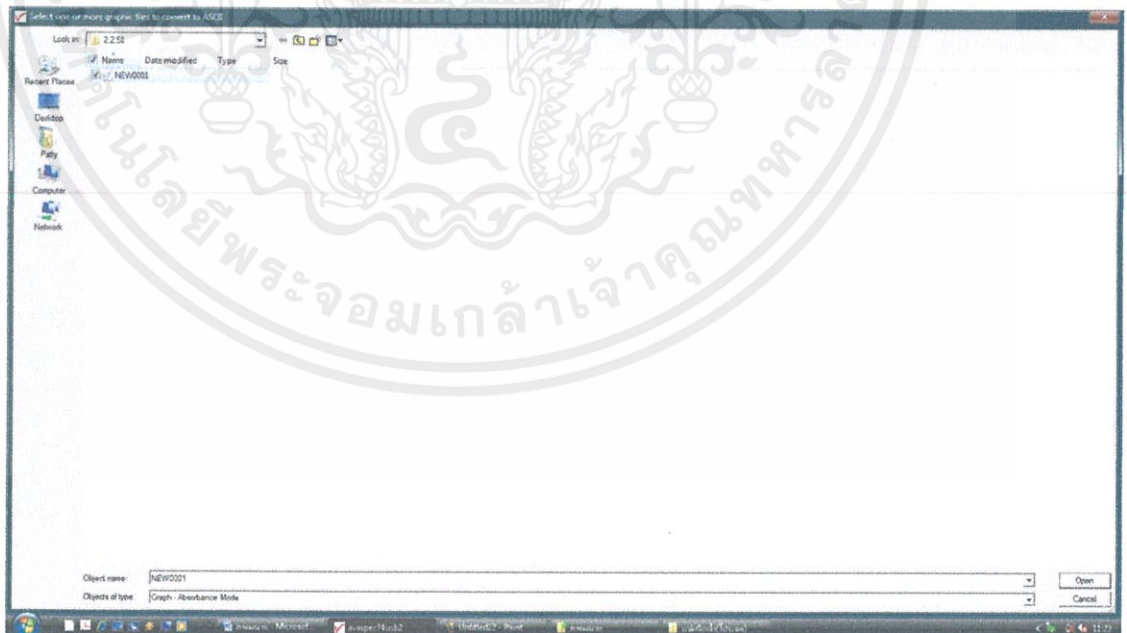


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ทำการแปลงไฟล์ให้เป็นหน่วย ASCII กด File > Convert Graph > To ASCII

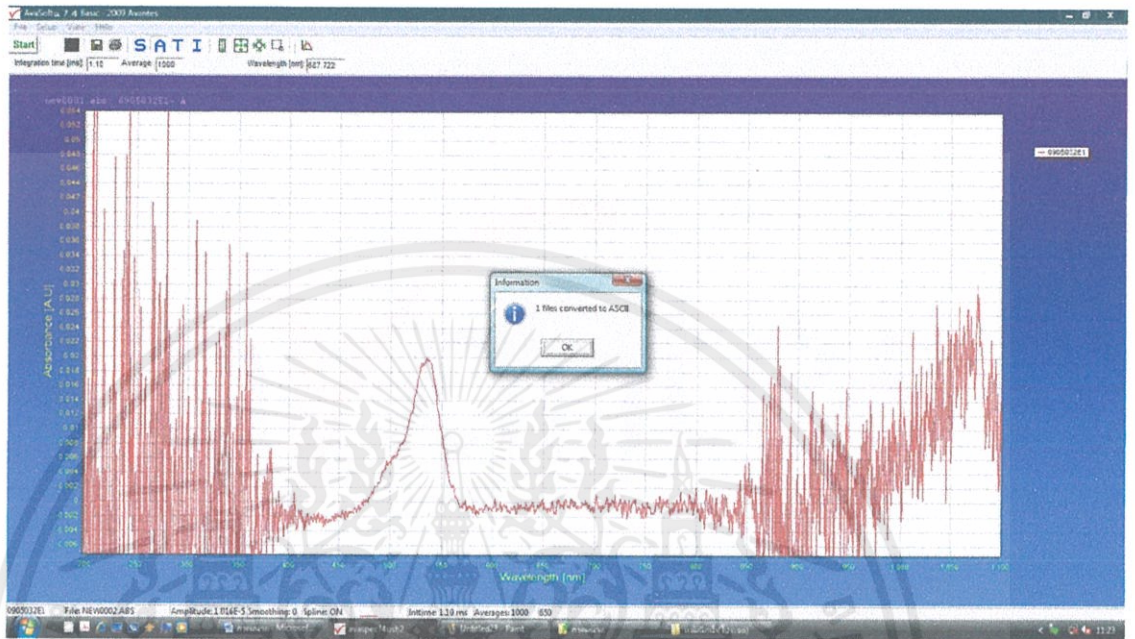


14. คลิกเลือกไฟล์ที่เราต้องการแปลงหน่วยให้เป็น ASCII

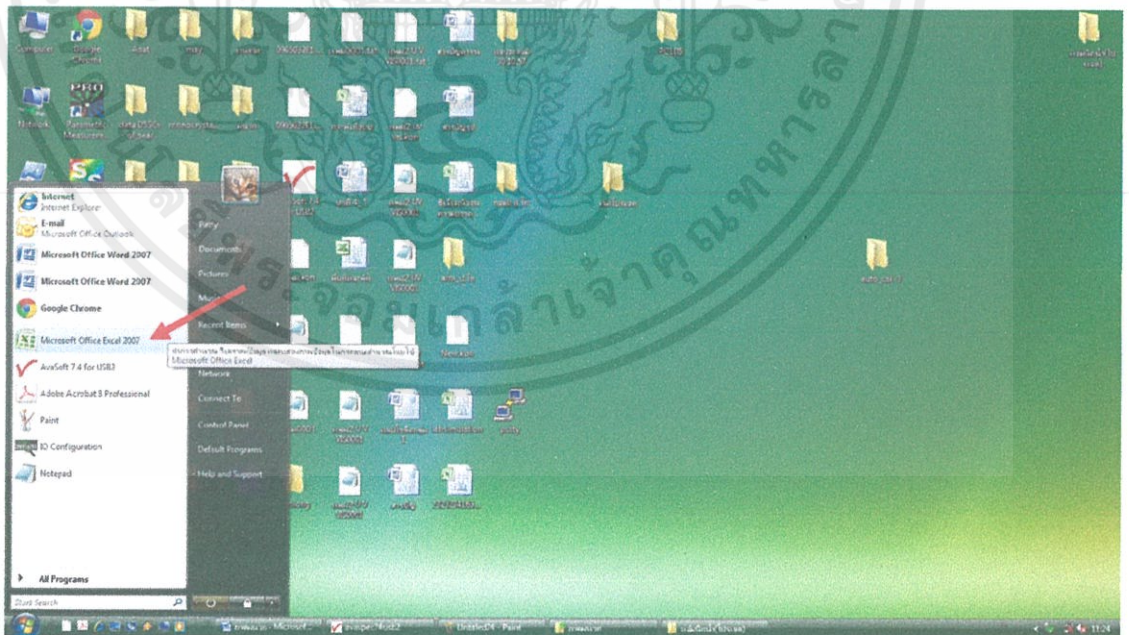


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. หลังจากนั้นหน้าจอก็จะแสดงไฟล์ที่ได้รับการแปลงมาแล้ว

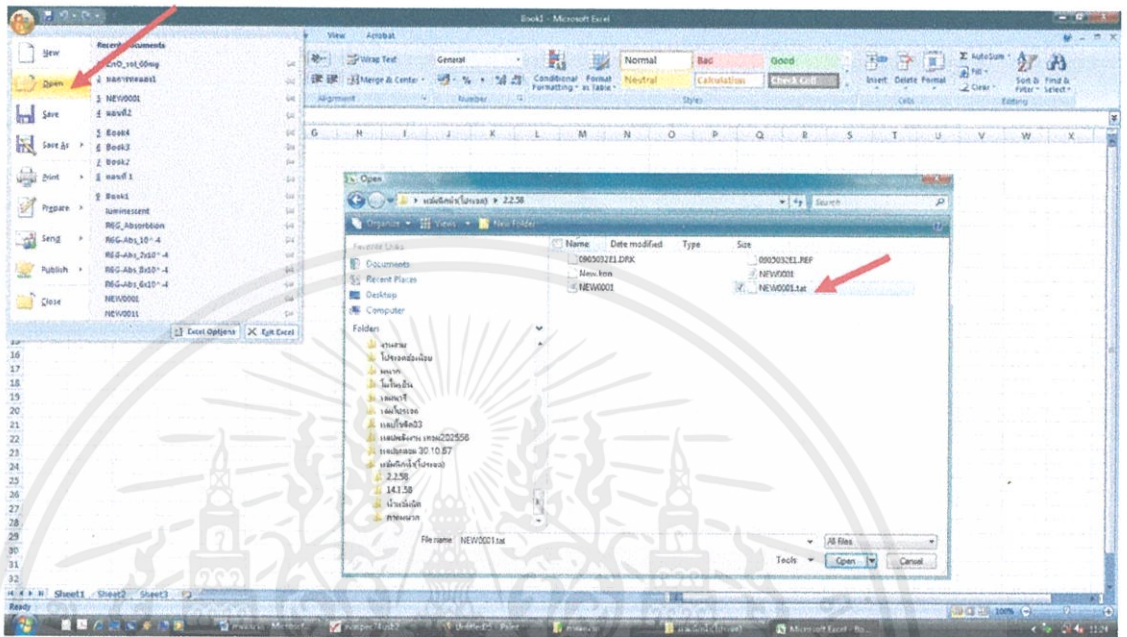


16. นำข้อมูล มาเปิดที่ Microsoft office Excel

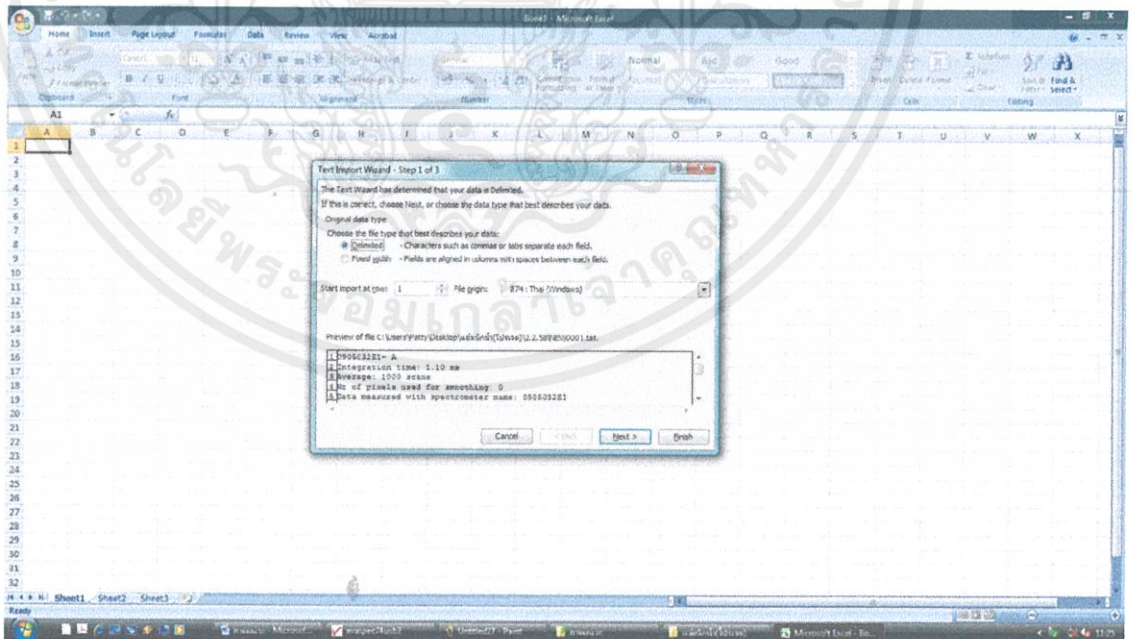


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. เลือก File > Open > เลือกไฟล์ที่มี .tat

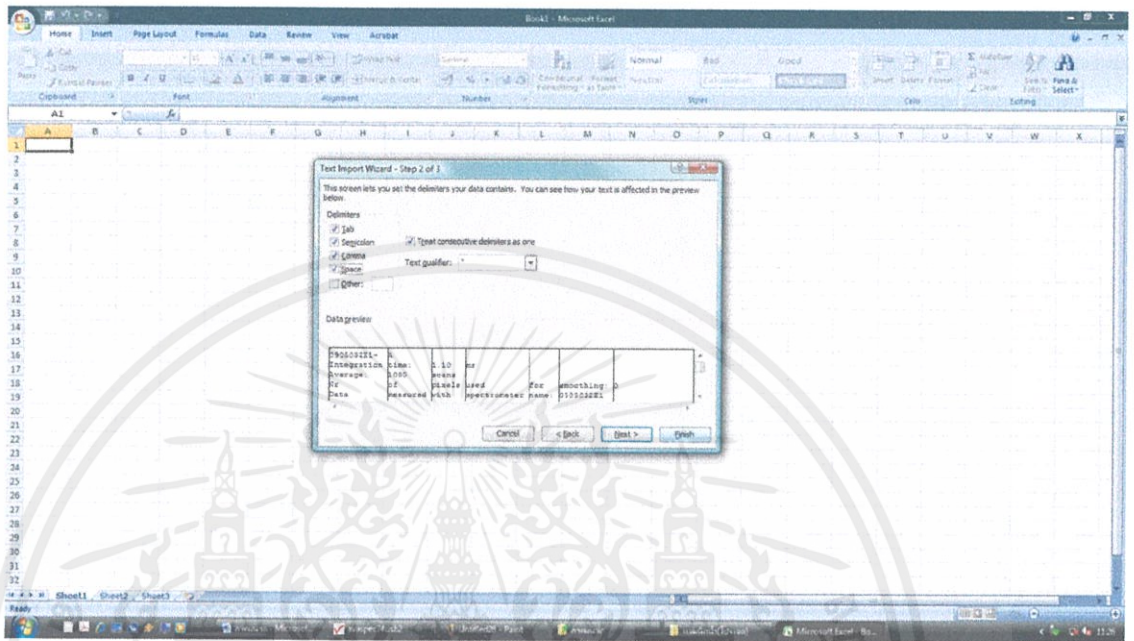


18. เลือก Delimited > next

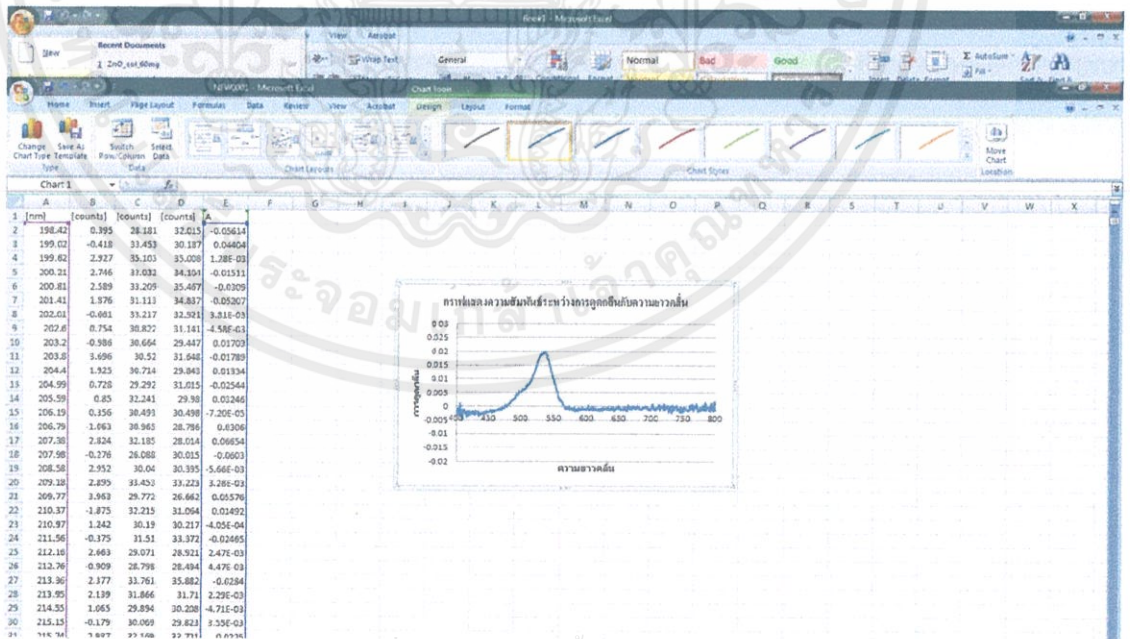


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. เลือก Tab, Semicolon, Comma, Space > Finish

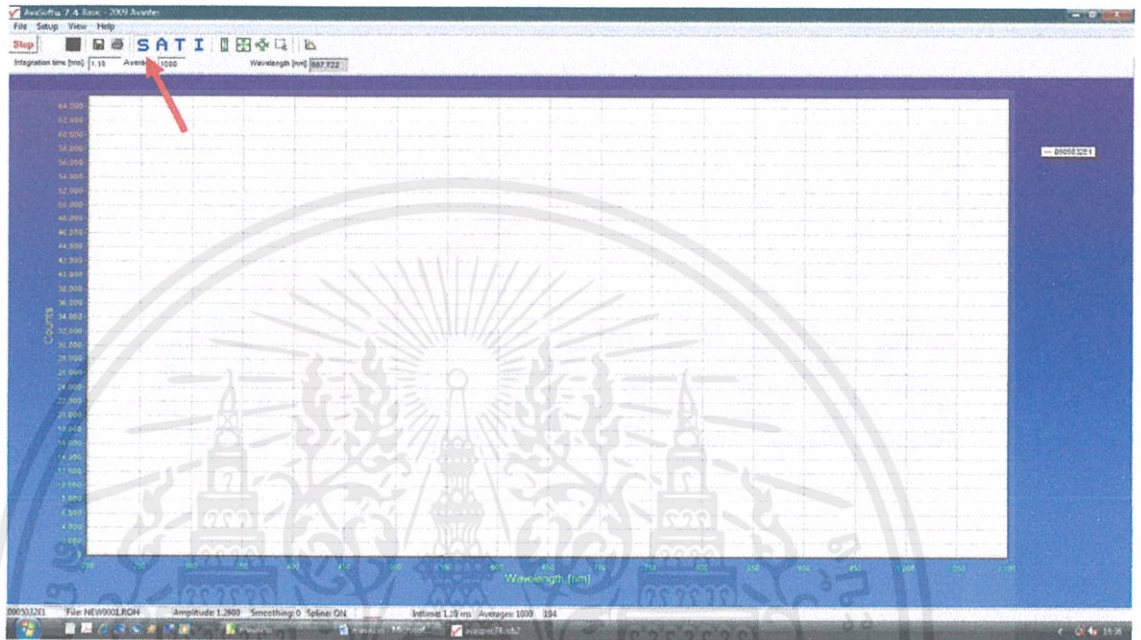


20. หน้าจอจะแสดงข้อมูลทั้งหมด แล้วทำการวาดกราฟ

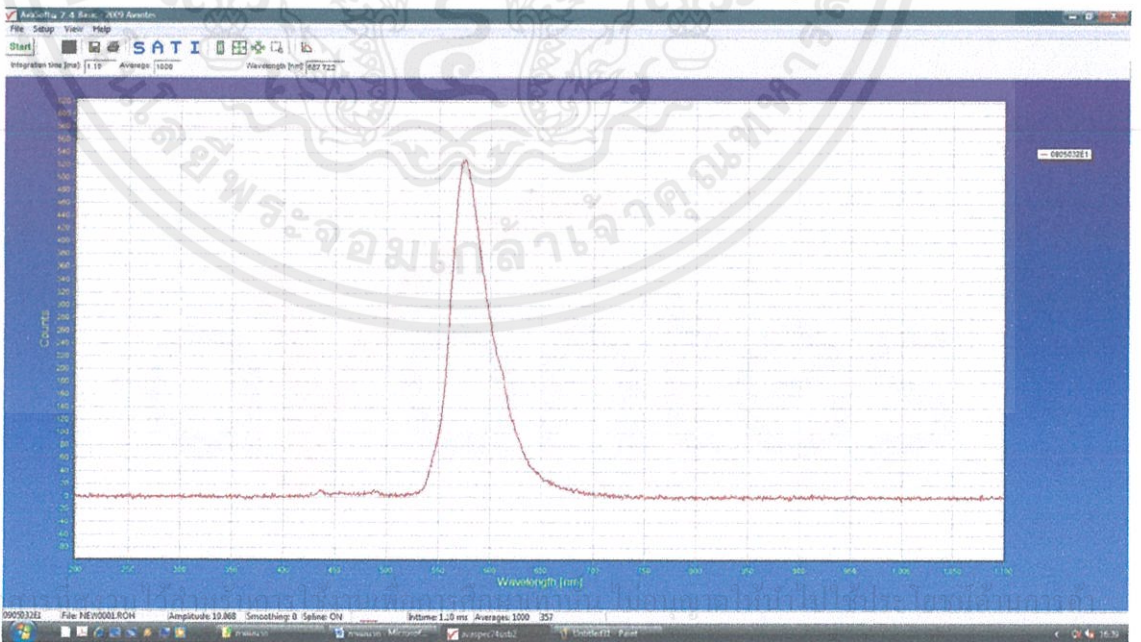


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21. ทำการวัดการเปล่งแสง จะมีขั้นตอนในการใช้เช่นเดียวกับการวัดการดูดกลืนแสง ต่างกันที่การวัดการเปล่งแสงไม่ต้องทำการวัด White และเลือกปุ่ม S (Scope mode)



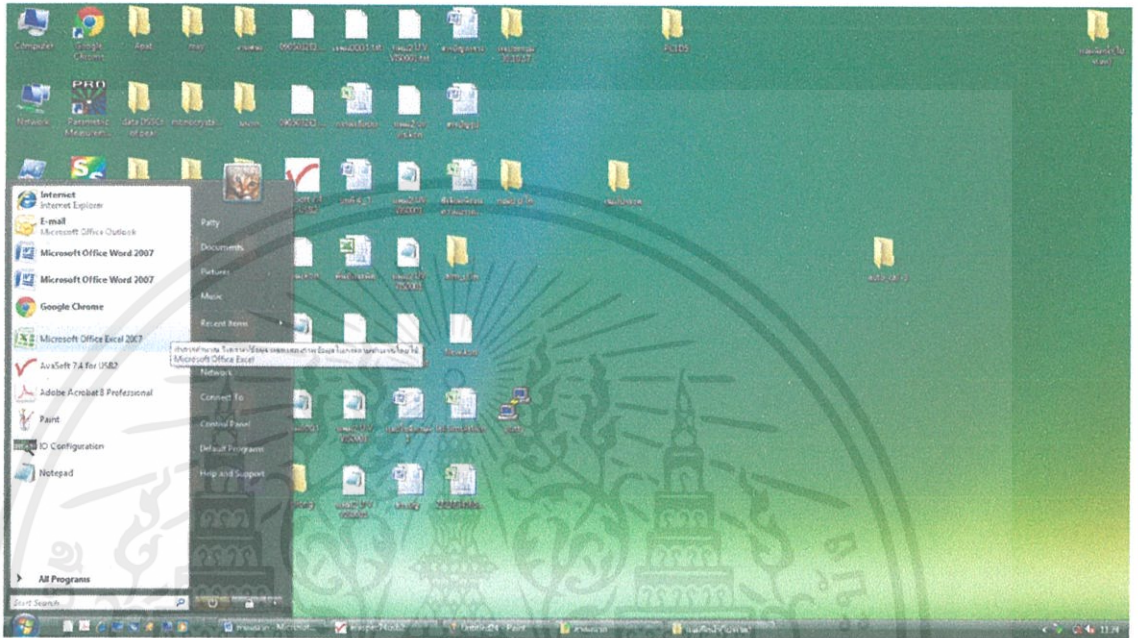
22. นำแผ่นฟิล์มหรือคิวเวทที่บรรจุสารละลายมาทำการวัด จะทำให้เกิดพีคการเปล่งแสงขึ้น



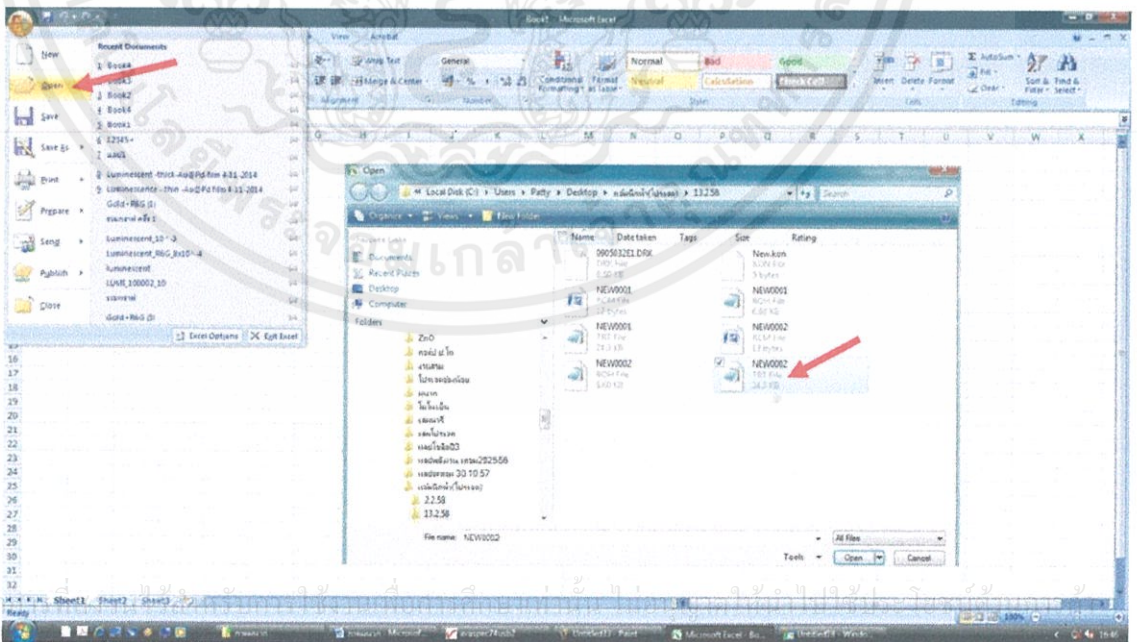
เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลนี้ให้บุคคลภายนอกโดยไม่ได้รับความยินยอมจากมหาวิทยาลัย
เราขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและเนื้อหาเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23. จากนั้นทำการบันทึกข้อมูล และทำการแปลงไฟล์ให้เป็นหน่วย ASCII ตามข้อ 11. – 15.

24. นำข้อมูล มาเปิดที่ Microsoft office Excel

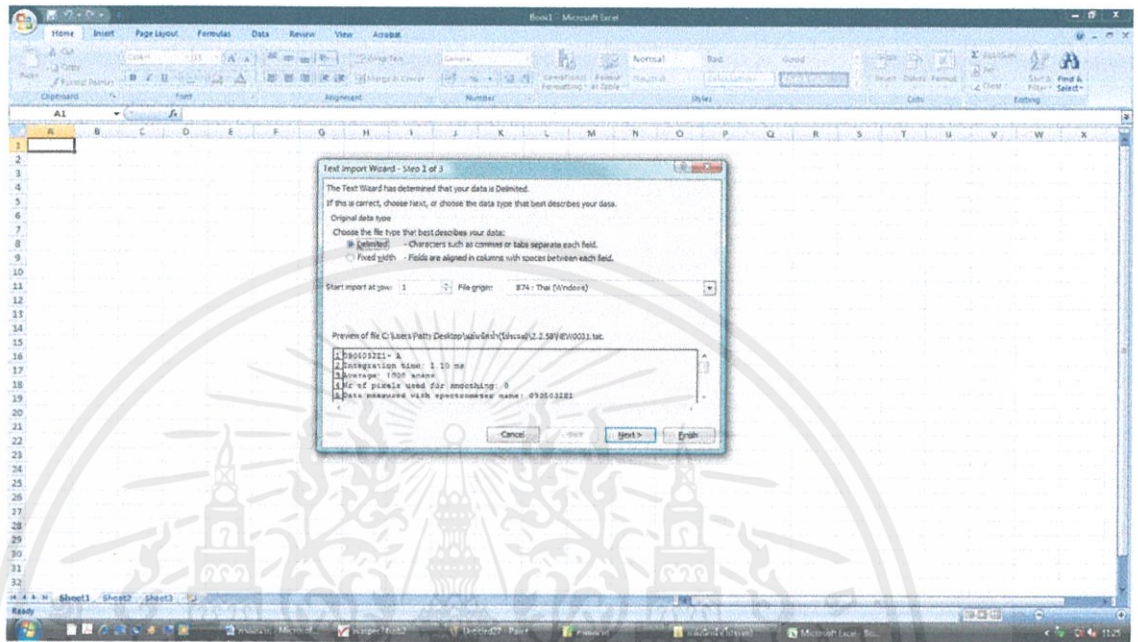


25. เลือก File > Open > เลือกไฟล์ที่มี .trt

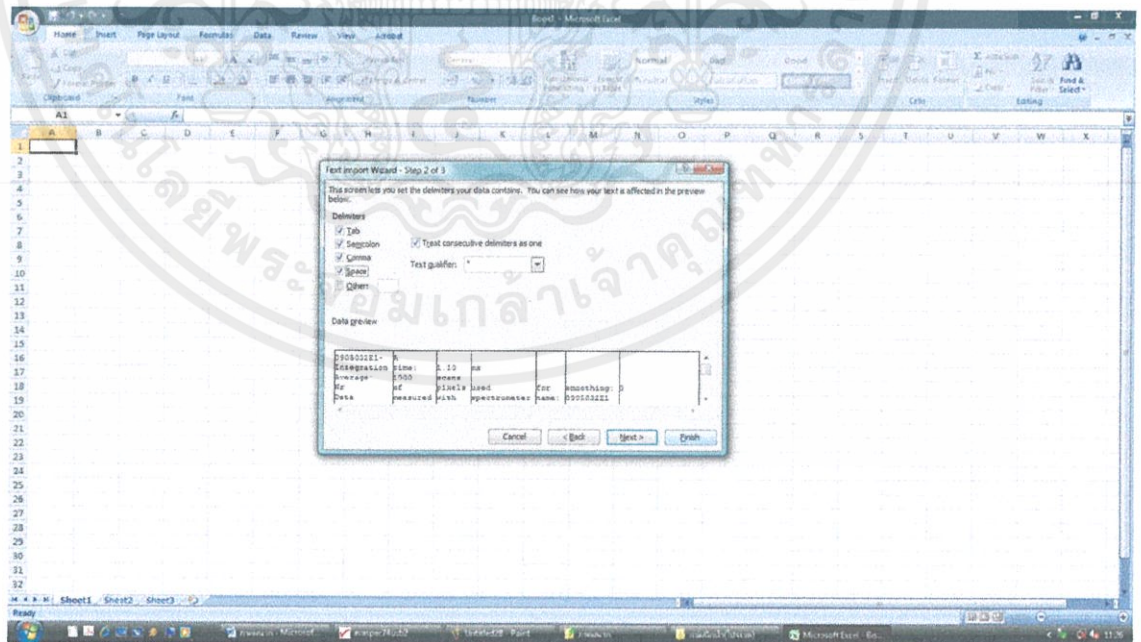


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่ในที่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต

26. เลือก Delimited > next

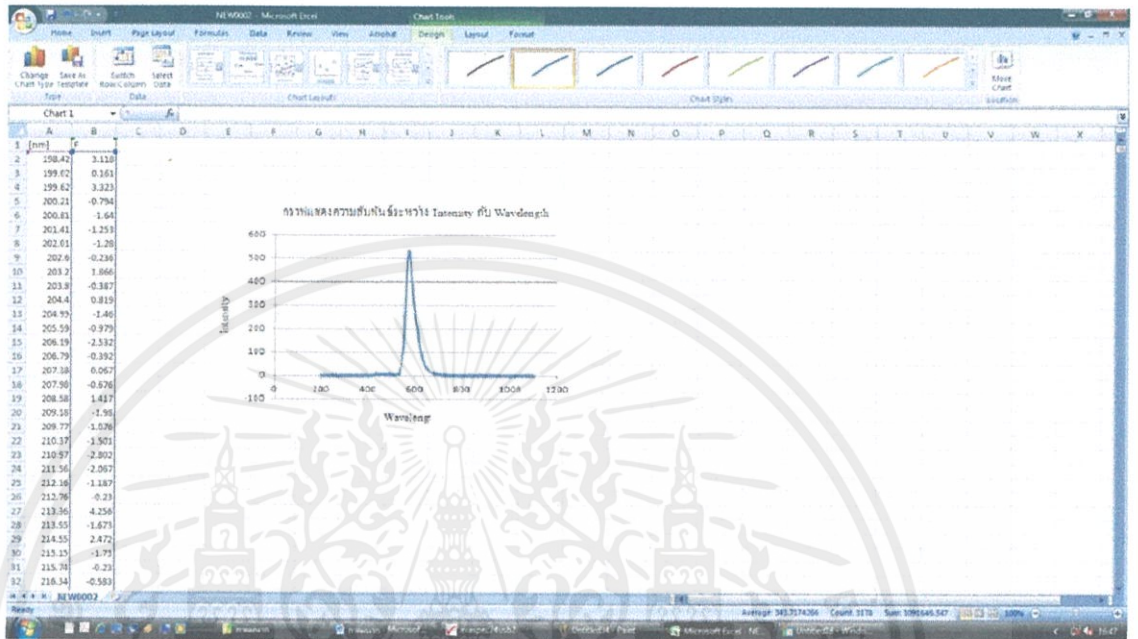


27. เลือก Tab, Semicolon, Comma, Space > Finish



เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรื
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28. หน้าจอจะแสดงข้อมูลทั้งหมด แล้วทำการวาดกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้