



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية العلوم للبنات / قسم فيزياء الليزر

اقتران بلازمون اكسايون لمواد متفلورة في المنطقة المرئية

رسالة مقدمة الى

مجلس كلية العلوم للبنات في جامعة بابل

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في علوم فيزياء الليزر

من قبل الطالبة

فاطمة عبدالهادي حسن الاسدي

(بكالوريوس علوم ، فيزياء الليزر ٢٠١٨)

بإشرافه

د. نزار سالم شنان

د. صدام فليح حادوي الجبوري

٢٠٢٢هـ

١٤٤٤هـ

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اللَّهُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ الْحَيُّ الْقَيُّومُ ۚ لَا تَأْخُذُهُ سِنَةٌ وَلَا نَوْمٌ ۚ لَّهُ مَا فِي

السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ ۚ مَنْ ذَا الَّذِي يَشْفَعُ عِنْدَهُ إِلَّا بِإِذْنِهِ ۚ

يَعْلَمُ مَا بَيْنَ أَيْدِيهِمْ وَمَا خَلْفَهُمْ ۚ وَلَا يُحِيطُونَ بِشَيْءٍ مِّنْ عِلْمِهِ إِلَّا

بِمَا شَاءَ ۚ وَسِعَ كُرْسِيُّهُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ ۚ وَلَا يَئُودُهُ

حِفْظُهُمَا ۚ وَهُوَ الْعَلِيُّ الْعَظِيمُ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَلِيِّ الْعَظِيمِ

الإهداء

الى إمامي الحجة المنتظر عجل الله فرجه الشريف الذي يقيم دولة الحق والعدل والعلم خدمة للإنسانية ومنازلاً للأجيال
القادمة

الى من شرفني بحمل اسمه ، . . الى من بذل الغالي والتفيس في سبيل وصولي لدرجة علمية عالية والدي العزيز ادامك الله
ومرعاك لتكون منارة دائمة في حياتي . .

الى نور عيني وضوء درجتي ومهجة حياتي امي ثم امي ثم امي . . من كانت دعواتها وكلماتها مرفيق الألق والتفوق
. . امي الحبيبة

الى امرؤ من جسد الحب بكل معانيه . . فكان السند والعطاء . . قدم لي الكثير في صور من صبر . . وامل . .
ومحبة . . لن اقول شكراً . . بل سأعيش الشكر معك دائماً . . مزوجي الغالي

الى العينين اللتين استمدتُ منهما القوة والاستمرار . . اعذب ما في عمري . . الى الذي صبر معي على المشقة والتعب ابني
ادم

الى السند والعضد والساعد اخواني واخواتي انرف لكم الإهداء حباً ومرفعةً وكرامةً
الى من صبر وتعب معي . . الى من لم تكن ابتسامتها تفارق وجهيها . . الى من كانت كلماتها تعطيني الامل والصبر

عمتي الطيبة

الى صديقات الطفولة (حنين ، عيبر) . . الى صديقات الدراسة . . والى كل من كانوا برفقتي اثناء الدراسة

الى كل من علمني حرفاً الى كل من ساندني ولوباب تسامة

فاطمة

شكر وتقدير

قال الله تعالى في كتابه الكريم: "ومن يشكر فإنما يشكر لنفسه".

وفي بداية كلمتي لا بد لي من أتوجه أولاً بالشكر لله عز وجل الذي وفقني للوصول الى هذه المرحلة العلمية العالية، ومهد لي الطريق لأن أكون بينكم اليوم لأناقش رسالتي في الماجستير.

كما انني أتوجه بالشكر والامتنان لكل من (والدي العزيز والوالدي الكريمة ونروحي الحبيب وابني قرعة عيني وعمتي الحبيبة واخواتي العزيزات واخوتي الاعزاء) الذين كانوا السند الاول لي في الوصول الى ما وصلت اليه.

أود أن اقدم شكري وفائق تقديري واحترامي الى (دكتور نزار سالم) على دعمه ومساعدته المستمرة طوال مدة البحث .
الكلمات لا تكفي للتعبير عن شكري العظيم واحترامي ل (دكتور صدام فليح) لما قدمه لي من تسهيلات ومساعدات طيلة مدة البحث

كما اتقدم بالشكر الجزيل الى رئاسة قسم فيزياء الليزر - كلية العلوم للبنات - جامعة بابل والى اساتذة القسم لما ابده من مساعدة . وجزيل الشكر للأستاذ (مرافع طعمة احمد) لتقديم المساعدة في انجاز خطوات البحث .

واقدم جزيل الشكر الى صديقاتي (هاله وبنين) لتقديمهن المساعدة الي في مرحلتي الدراسية وفي انجاز خطوات البحث والى جميع صديقاتي في كل المراحل الدراسية خالص الشكر والامتنان لتعاونهم معي وتقديم المساعدة والدعم المستمر بشتى انواعه واقدم خالص شكري واعتزازي لكل من علمني . . ونصحني . . وقدم لي يد العون في انجاز هذا البحث . . .

فاطمة

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
1-7	الفصل الأول - المقدمة	
1	مقدمة عامة	1-1
3	الدراسات السابقة	2-1
7	الهدف من البحث	3-1
8-27	الفصل الثاني - الجزء النظري	
8	المقدمة	1-2
8	البلازموستيك	2-2
10	بولاريتون البلازمون السطحي	1-2-2
11	البلازمونات السطحية الموضعية	2-2-2
14	اقتران اكزائتون بلازمون	3-2
17	الفلورة	4-2
17	خصائص انبعاث الفلورة	1-4-2
19	التراكيب النانوية	5-2
21	جسيمات الفضة النانوية	6-2
21	جسيمات الذهب النانوية	7-2
22	الصبغات الليزرية	8-2
22	صبغة رودامين 6G	1-8-2
23	صبغة ميثيلين بلو	2-8-2
24	صبغة الميثيلين اورنج	3-8-2
25	الدليل الموجي	9-2
28-43	الفصل الثالث - الجزء العملي	
28	المقدمة	1-3
28	المواد المستخدمة في البحث	2-3
28	الاصباغ العضوية المستخدمة	1-2-3

29	البوليمرات المستخدمة	2-2-3
30	المذيبات المستخدمة	3-2-3
31	تحضير العينات	3-3
31	تحضير الجسيمات النانوية	1-3-3
33	تحضير محاليل الصبغات	2-3-3
35	تحضير عينات البوليمر المطعم بالصبغة والجسيمات النانوية	3-3-3
35	تحضير أغشية الجسيمات النانوية المتكونة من (Au,Ag) وتحضير أغشية البوليمرية المتكونة من بوليمرات (PVA) ومحاليل الصبغة (Rh6G,MB,MO)	4-3-3
38	قياس طيف الامتصاص	4-3
39	قياس طيف الفلورة	5-3
40	منظومة الأستتصال بالليزر النبضي	6-3
42	قياس المجهر الالكتروني للنفاذية	7-3
42	تحضير الاوساط الفعالة النشط الصلبة	8-3
44-72	الفصل الرابع -النتائج والمناقشة	
45	المقدمة	1-4
45	خصائص التركيبية	2-4
47	. الخصائص البصرية	3-4
47	طيف الامتصاص لـ Au NPs و Ag NPs	1-3-4
49	طيف امتصاص صبغة MO مع وبدون NPs	2-3-4
53	طيف امتصاص صبغة Rh6G مع وبدون NPs	3-3-4
57	طيف الامتصاص لصبغة MB مع وبدون NPs	4-3-4
60	دراسة اطياف الفلورة لجسيمات الفضة النانوية (Au NPs ، Ag NPs) (الممزوجة مع صبغة (MO)	4-4
62	دراسة اطياف الفلورة لجسيمات الفضة النانوية (Au NPs ، Ag NPs)	5-4

	(الممزوجة مع صبغة (Rh6G)	
64	دراسة اطياف الفلورة لجسيمات الفضة النانوية (Au NPs ، Ag NPs) (الممزوجة مع صبغة (MB)	6-4
67	الخصائص الخطية للأغشية الرقيقة لكل من صبغة (MO,Rh6G,MB) مع بوليمر PVA والجسيمات النانوية (Au NPs (, Ag NPs	7-4
71	الاستنتاجات	8-4
72	الدراسات المستقبلية	9-4
73-84	المصادر	

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
9	مخطط المجال الكهرومغناطيسي للبلازمون السطحي	1-2
10	الرنين السطحي للبلازمون الموضعي للجسيمات النانوية المعدنية	2-2
18	مخطط طاقة جابلونسكي	3-2

20	جزيئات النانو التي تم تصنيفها حسب اتجاهاتها	4-2
23	صبغة الليزر رودامين 6G (التركيب الجزيئي)	5-2
24	التركيبية الجزيئية لصبغة الميثيلين بلو	6-2
25	التركيبية الجزيئية لصبغة الميثيلين اورنج	7-2
26	التركيبية الاساسية للالياف الضوئية	8-2
27	مخطط توضيحي لموجة الموجة المستخدم	9-2
30	التركيبية الجزيئية لبوليمر PVA	1-3
31	التركيبية الجزيئية للماء المقطر	2-3
32	مخطط للإعداد التجريبي المستخدم في تحضير الجسيمات النانوية باستئصال الليزر في وسط سائل	3-3
34	صبغات (a-Rh6G , b- MB , c-MO) المذابة في الماء وبتراكيز (1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 5×10^{-5} , and 1×10^{-4} M	4-3
34	الميزان الحساس	5-3
36	جهاز التنظيف بالموجات فوق الصوتية	6-3
37	الأغشية البوليمرية بعد ترسيب عليها طبقة من الصبغات الممزوجة مع الجسيمات النانوية (Rh6G,MB,MO)	7-3
38	الاعشية للجسيمات النانوية بعد ترسيب عليها طبقة من (Au,Ag)	8-3
39	جهاز قياس (UV-VIS)	9-3
40	جهاز قياس اطياف الفلورة	10-3
41	تضخ Q-switch Nd-YAG laser	11-3
41	المادة النانوية للذهب والفضة (a-Au , b-Ag)	12-3
42	المجهر الالكتروني للنفاذية (TEM)	13-3
43	الاعشية الرقيقة للصبغات الثلاث (MO , Rh6G , MB) الممزوجة مع البوليمر	14-3

	PVA والجسيمات النانوية (Au NPs و Ag NPs)	
46	صور TEM للحلول الغروية بتركيزات منخفضة وعالية: Au NPs (a,b) ، على التوالي (500,900 P) ، Ag NPs (c,d) ، (500,900 P)	1-4
48	أطياف الامتصاص بتركيز مختلف للجسيمات النانوية ، Au NPs (a) ، و (b) Ag NPs	2-4
50	طيف الامتصاص لصبغة (MO) بدون جسيمات نانوية	3-4
52	أطياف الامتصاص للصبغة المذابة في الماء بالجسيمات النانوية ، Au (a) NPs و (b) Ag NPs بتركيز صبغة (MO) (1×10^{-5} M)	4-4
54	طيف الامتصاص لصبغة (Rh6G) بدون جسيمات نانوية	5-4
55	أطياف الامتصاص للصبغة المذابة في الماء بالجسيمات النانوية ، Au (a) NPs و (b) Ag NPs بتركيز صبغة (Rh6G) (1×10^{-5} M)	6-4
57	طيف الامتصاص لصبغة (MB) بدون جسيمات نانوية	7-4
59	أطياف الامتصاص للصبغة المذابة في الماء بالجسيمات النانوية ، Au (a) NPs و (b) Ag NPs بتركيز (1×10^{-5} M) من صبغة (MB)	8-4
61	طيف الفلورة لصبغة MO بتركيز (1×10^{-5} M) جسيمات نانوية مختلطة ، (a) Au NPs ، و (b) Ag NPs	9-4
61	شدة قمة (MO) ممزوجة مع (Ag NPs ، Au NPs) بتركيز مختلفة	10-4
63	طيف الفلورة لـ (Rh6G) بتركيز (1×10^{-5} M) مع Au NPs (a) و (b) NPs Ag بتركيز مختلفة	11-4
64	شدة قمة (Rh6G) ممزوجة مع (Ag NPs ، Au NPs) بتركيز مختلفة	12-4
65	طيف الفلورة (MB) بتركيز (1×10^{-5} M) ممزوجة مع Au NPs (a) و (b) NPs Ag بتركيز مختلفة	13-4

66	شدة قمة (MB) ممزوجة مع (Ag NPs ، Au NPs) بتركيز مختلفة	14-4
67	مقارنة شدة القمة لثلاث اوساط فعالة بتركيز مختلفة من (a) Au NPs و (b) Au NPs ↓ Ag NPs	15-4
68	الغشاء الرقيق لصبغة الميثيلين اورنج (MO) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Ag NPs ، Au NPs)	16-4
69	الغشاء الرقيق لصبغة رودامين 6G (Rh6G) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Ag NPs ، Au NPs)	17-4
70	الغشاء الرقيق لصبغة الميثيلين بلو (MB) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Ag NPs ، Au NPs)	18-4

قائمة الجداول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
28	خواص صبغة Rh6G المستخدمة في الدراسة	1-3
29	خواص صبغة MB المستخدمة في الدراسة	2-3
29	خواص صبغة MO المستخدمة في الدراسة	3-3
30	الخواص الفيزيائية للبوليمر PVA	4-3

31	الخواص الفيزيائية للماء المقطر	5-3
48	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية (Au NPs)	(1-4)
49	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية (Ag NPs)	(2-4)
50	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) ل (MO) dye	(3-4)
52	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع dye (MO + Au NPs)	(4-4)
53	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع dye (MO + Ag NPs)	(5-4)
54	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) ل (Rh6G) dye	(6-4)
56	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع dye (Rh6G + Au NPs)	(7-4)
56	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع dye (Rh6G + Au NPs)	(8-4)
57	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) ل (MB) dye	(9-4)
59	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع dye (MB + Au NPs)	(10-4)
60	بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع dye (MB + Au NPs)	(11-4)

قائمة الرموز والمصطلحات *List of symbols*

الترقيم	الرمز	تعريف الرمز والمصطلح	الوحدة
1	(UV-VIS)	طيف الأشعة فوق البنفسجية- طيف الأشعة المرئية	--
2	T	النفاذية	--
3	A	معامل الامتصاص الخطي	cm ⁻¹
4	n	معامل الانكسار الخطي	--
5	C	التركيز	ML
6	\vec{E}	شدة المجال الكهربائي	Vm ⁻¹
7	\vec{H}	شدة المجال المغناطيسي	Am ⁻¹
8	\vec{D}	تيار الازاحة	Asm ⁻²
9	\vec{B}	الحث المغناطيسي	Vs m ⁻² = T
10	\vec{J}	شدة التيار	Am ⁻²
11	ρ	كثافة الشحنة	Asm ⁻³
12	\vec{P}	الاستقطاب	--
13	\vec{M}	المغناطيسية	H/m
14	σ	الموصلية	--
15	ϵ_0	سماحية الفراغ	F/m
	μ_0	نفاذية الفراغ	N/A ²
20	β	ثابت الانتشار	--
21	ω	التردد الزاوي	HZ
23	m_e	كتلة الإلكترون الحرة	Kg

M	إزاحة الإلكترون	X	25
K	شحنة الإلكترون	q_e	26
V/m	هي المجال الكهربائي الخارجي	E	27
--	عامل التخميد الإلكتروني	γ	28
—	عدد الإلكترونات	N	29
--	نسبة التخميد الإلكتروني	Γ	30
--	قابلية الاستقطاب للجسيمات النانوية	Pa	31
Mm	نصف قطر الجسيمات النانوية	R	32
--	وظيفة العزل الكهربائي للمعدن	$\epsilon(\omega)$	33
F/m	الوظيفة العازلة للمحيط	ϵd	34
m^2	المقطع العرضية للتشتت	σ_{acs}	35
m^2	المقطع العرضي الامتصاص	σ_{scs}	36
m^{-1}	متجه الموجة للضوء الساقط	K	37
--	معامل الأقران	V	38
--	عرض الخط (اي التخميد) (الحد الأدنى للبلازمون	Υ_p	39
--	عرض الخط (اي التخميد) الحد الأدنى للاكزايتون	Υ_e	40
Gm	وزن الصبغة اللازم للحصول على التركيز المطلوب	w_m	41
cm^3	حجم المذيب اللازم اضافته إلى المادة	$V_{1,2}$	42
gm / mol	الوزن الجزيئي للصبغة المستخدمة	M_w	43
--	معامل انكسار القلب	n_1	44
--	معامل انكسار الغطاء	n_2	45
--	عائد الكم الفلوري	Φ_F	46

--	عملية التبريد	k_Q	47
--	نقل طاقة الرنين	K_{RET}	48
--	التحويل الداخلي	k_{IC}	49
--	العبور بين الأنظمة	k_{ICS}	50
--	عدد الفوتونات المنبعثة إلى عدد الفوتونات الممتصة	k_F	51

قائمة المختصرات

المختصر	المصطلح
SPR	رنين بلازمون السطح (Surface Plasmon Resonance)
SPP	بولاريتون البلازمون السطحي (Surface Plasmon Polariton)
LSP	البلازمونات السطحية الموضعية (Localized Surface Plasmon)
PVA	بولي فينيل الكحول (Poly vinyl Alcohol)

Rh6G	رودامين (Rhodamine 6G)
MB	صبغة ميثيلين بلو الليزرية (methylene blue laser dye)
MO	صبغة الميثيلين اورنج الليزرية (Methylene Orange laser dye)
Ag NP _s	جسيمات الفضة النانوية (Silver nanoparticles)
Au NPs	جسيمات الذهب النانوية (gold nanoparticles)
TEM	قياس المجهر الالكتروني للنفاذية (Transmission electron microscope measurement)
QED	الديناميكا الكهربائية للكمتجويفي (Electrodynamics of a cavitation sleeve)

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة الخصائص البصرية من طيف الامتصاص وطيف الفلورة لمحاليل مختلفة التراكيز من اجل تحضير اغشية رقيقة للحصول على موجة موجة ذو كفاءة في الأداء. تم تحضير موجة موجة يتكون من ثلاث طبقات تكون فيه الطبقة الوسطى ذات معامل انكسار اعلى نسبيا من الطبقتين العلوية والسفلية حيث تم اعداد هذا الموجة من خلال تحضير محاليل مختلفة التراكيز من البوليمر PVA كذلك تم تحضير تراكيز مختلفة من صبغات (الرودامين 6 جي ، الميثيلين اورنج ، الميثيلين بلو) لكي تضاف الى الطبقة الوسطى لموجة الموجة من اجل زيادة معامل انكسارها. التراكيز المستخدمة في الصبغات (1×10^{-4} M , 5×10^{-5} , 1×10^{-5} , 5×10^{-6} , 1×10^{-6}) حيث تم دراسة ظاهرة البلازمونيك في مديات مختلفة من المنطقة المرئية وفي اوساط سائلة وصلبة، بالنسبة للأوساط السائلة تم اختيار افضل تركيز للصبغات الثلاثة المستخدمة (1×10^{-5} M) ومزج هذا التركيز من كل صبغة مع تركيزات مختلفة لنوعين من الجسيمات النانوية البلازمونية (Au NPs , Ag NPs) ونسبة 2:1 حيث حضرت هذه الجسيمات النانوية بواسطة طريقة الاستئصال بالليزر النبضي بعدد نبضات مختلفة (500,600,700,800,900 pulse) مع الحفاظ على الطاقة ثابتة عند (500mJ) من اجل الحصول على تراكيز مختلفة من المادة النانوية. . جميع العينات تم فحصها بواسطة جهاز TEM شكل و حجم الجسيمات النانوية.

بعد ذلك تم دراسة طيف الامتصاص لهذه العينات باستخدام UV-VIS و اطيف الانبعاث تم قياسها باستخدام مطياف الفلورة حيث تم تحليل الطيف البلازموني لها من خلال دراسة شدة الانبعاث والذي يعتبر مؤشر مهم للحصول على ظاهرة البلازمونك، حيث تبين ان افضل تركيز من جسيمات الفضة والذهب النانوية مضاف الى الاوساط الفعالة الثلاثة هو المتبع عند 800P. في صبغة MO وجد ان تأثير جسيمات الفضة النانوية افضل من جسيمات الذهب وكان ذلك واضحا على شدة الانبعاث. بينما في صبغة Rh6G تبين لنا العكس بتأثيرها بجسيمات الذهب النانوية بصورة اكبر من الفضة. واخيرا في صبغة MB وجد ايضا تأثير جسيمات الذهب النانوي افضل من الفضة. بعد ذلك انتقلنا الى الاوساط الفعالة الصلبة حيث وجد ان الوسط الفعال في الحالة الصلبة افضل من الحالة السائل من حيث طيف الانبعاث.

الفصل الأول

المقدمة والدراسات

السابقة

General Introduction مقدمة عامة (1-1)

استخدمت التراكيب النانوية البلازمية للمعادن النبيلة في السنوات الأخيرة في مجموعة واسعة من الخصائص البصرية النادرة التي يمكن التحكم فيها من خلال دراسة تأثيرات نوع وشكل وحجم وتركيز الجسيمات النانوية داخل الاوساط الفعالة. تحتوي جسيمات المعادن النبيلة على إلكترونات موصلة على السطح ، وتهتز هذه الإلكترونات الحرة بشكل متماسك في منطقة معينة عندما يضيء مصدر الضوء ذي الطول الموجي المناسب التراكيب النانوية المعدنية حيث يتم تحسين طيف الامتصاص والانبعث في المقاطع العرضية للجسيمات النانوية المعدنية النبيلة بواسطة وسائط الكسب النشطة في المنطقة المرئية [1,2]. يساعد الضوء المرئي الذي ينبعث من الوسائط النشطة على دراسة العوامل المختلفة التي لها تأثيرات مهمة ولها تطبيقات واسعة في الإلكترونيات الضوئية والبصريات غير الخطية والليزر والتحليل الطيفي [3]. التراكيب النانوية Plexitonics هي مركبات مكونة من مزيج من المواد البلازمية متضمنة في الجسيمات النانوية والاكزياتون ممزوجة في الصبغة. تتميز الصبغة بأحجام صغيرة بسبب قوة plasmonic والاقتران القوي الذي يجعل المركبات ممزوجة حتى على مستوى قليل من البواعث في درجة حرارة الغرفة بسبب الاوساط الفعالة للانبعثات القابلة للتهييج [4]. يمكن تصنيف قوة الاقتران بين مذبذبين إلى أنظمة اقتران قوية وضعيفة اعتمادا على عدة معلمات من ضمنها تركيز الجسيمات البلازمية وتركيز الصبغة حيث تتميز قوة الاقتران بمقارنة معدل انتقال الطاقة من الاستطارة الناتجة هذه الجسيمات الى وسط الريح المتمثل بالصبغة [5]. وكذلك يعتبر الاقتران القوي في الاوساط الفعالة أداة أساسية للتحكم في معلمات طيف الانبعث ، نظراً للتركيز المعزز لمراكز التشتت داخل الوسائط النشطة والتي يمكن أن تتأثر بسبب تجاوز الباعث في الوسائط excitonic بالقرب من السطح plasmonic [6,7]. يتم تحسين طيف

الانبعاث عن طريق الاقتران بين مضيف الإكسيتون مثل وسط الصبغة و LSPR من NPs المعدنية للحصول على تداخل بين طيف انبعاث الصبغة و LSPR لطيف الجسيمات النانوية. يمكن أن يوفر هذا التعزيز الظروف اللازمة لاقتران قوي. في نظام اقتران البلازمون والإكسيتون الضعيف ، لا يتم تعديل الطبيعة المتأصلة لأنماط SPP و exciton وبالتالي زيادة معدلات الامتصاص أو الانبعاث للجزيئات ، كل هذه الظواهر تعتمد على تركيز الجسيمات النانوية داخل الوسائط النشطة ، وكذلك على النوع من الصبغة المستعملة [8]. في هذا العمل ، سيتم دراسة التأثيرات البلازمية على طيف الانبعاث لنوعين من المواد النبيلة (جزيئات الذهب والفضة) ، ولكل نوع خمسة تراكيز مختلفة داخل الوسط النشط والذي تم تحضيرها بطريقة الاستئصال بالليزر باستخدام طاقة ثابتة (500 mJ) وعدد نبضات مختلفة (500,600,700,800,900 P) و خلط هذه التركيزات مع ثلاثة أنواع من الوسائط النشطة لتغطي نطاقاً واسعاً في المنطقة المرئية. حيث تمت دراسة التحسين الحاصل في طيف الامتصاص وطيف الفلورة للمحاليل ذات التركيزات المختلفة في الاوساط الفعالة في الحالة السائلة ولتحضير أغشية رقيقة للحصول على دليل موجي ذات كفاءة عالية تم اختبار افضل وسط فعال من الاوساط الفعالة في الحالة السائلة والذي كان عند تركيز المادة النانوية عند (800P) لتحضير دليل موجي يتكون من ثلاث طبقات، والذي يتم من خلالها الانتقال الى الوسط الفعال الصلب من خلال وترسيبة بين طبقتي بوليمر من نوع (PVA) والذي يكون معامل الانكسار للطبقة الوسطى الفعالة اكبر من طبقات البوليمر المضافة وهذا يحسن من الانعكاس الداخلي الحاصل بين طبقات البوليمر ليزيد حصر الفوتونات داخل الوسط الفعال وبالتالي الحصول على تحسين في طيف الانبعاث.

Previous studies (2-1) الدراسات السابقة

1- في عام 2008 قام الباحث (Huifeng Han) وآخرون . [9] قاموا بدراسة رنين البلازمون السطحي (SPR) القابل للأنضباط للجسيمات النانوية لقشرة النواة Ag@Au . تم استعمال طريقة الاستئصال بالليزر النبضي بالطريقة السائلة لتحضير العينات حيث استخدم الليزر النبضي Nd:YAG عند (1064nm) بعملية الأستئصال لمدة تشغيل مختلفة . ووضحت النتائج أن رنين البلازمون على السطح يمتلك سلوك الانتقال القابل للأنضباط من خلال التحكم يتحقق وقت أستئصال صفيحة Au في محلول Ag الغروي.

2- في عام 2009 قام الباحث (Baffou , G) وآخرون . [10] استخدم طريقة Green Dyadic لدراسة توليد الحرارة الضوئية الحرارية بأحجام مختلفة من جسيمات الذهب النانوية وترسيبة على قاعدة زجاجية. تستمر موجة الليزر ($I=1\text{mW/mm}^2$) في تسليط الضوء على جسيمات الذهب النانوية في رنينها البلازموني. ارتفاع درجة حرارة شكل الجسيمات النانوية الكروية هو $T = 13 \text{ C}^0$. ولخصوا إلى أن طريقة Green Dyadic هي طريقة جيدة للتحقيق في تأثير التسخين لمجموعة واسعة من هندسة الجسيمات النانوية plasmonic.

3- في عام 2011 قام الباحث (Pidishety Shankar) وآخرون . [11] قاموا بدراسة التأثير الحراري على الاجهزة البلازمونية الحرارية الضوئية . والذي يتحقق عن طريق التحكم بالحرارة لغشاء Au مع تعريض القسم الخلفي لغشاء Au مباشرة الى ليزر Ar+ . والذي من خلاله تم قياس الاختلافات الصغيرة في اشارة SPR نتيجة التأثير الحراري الضوئي وكانت حساسيته عالية عن طريق وضع جهاز SPR في ركن معين .

4- في عام 2011 قام الباحث (Rakesh Singh Moirangthem) وآخرون . [12] قاموا بدراسة الاستجابة الضوئية باستخدام اعداد مقياس القطع الطيفي للتوزيعات المختلفة لـ Au NPs الموضوع على فلم رقيق ذهبي تحت وضع الانعكاس الداخلي الكلي . ووصفو ان اطياف SPR تنتج تحول احمر عند ارتفاع تركيز جزيئات الذهب النانوية على سطح الذهب.

5- في عام 2011 قام الباحث (G. Baffou) وآخرون . [13] من الناحية النظرية ، درسوا الاستجابة الديناميكية الحرارية لجسيمات الذهب النانوية (Au) المغمورة في الماء ، مما أدى إلى إشعاع الرنين البلازموني باستخدام ليزر نبضي بمدى فيمتوثانية . حيث تم إضافة جسيمات الذهب النانوية بنصف قطر (50nm) وتم تشعيع العينة بأشعاع ليزر قدرة (0.1 MW/mm^2) لإنتاج ارتفاع في درجة الحرارة تصل إلى 31 C^0 .

6- في عام 2012 قام الباحث (Keith R Berry Jr) وآخرون . [14] قاموا بدراسة ومقارنة الخواص الحرارية لاثنتين من أغشية Au NPs-PDMS متناهية الصغر محضرة بطريقتين مختلفتين. تم تضمين جزيئات الذهب النانوية في أغشية PDMS عن طريق الإضافة المباشرة لطريقة Au NPs المغلفة العضوية وتقليل طريقة رباعي كلورات الهيدروجين. أسفرت عينة المركب النانوي Au NPs-PDMS عن نسبة كتلة ذهبية نهائية تتراوح من 0.0073% إلى 0.1896%. تم تشعيع العينات باستخدام ليزر Nd: YAG 532nm. تم استخدام كاميرا التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء لتسجيل درجة الحرارة. أقصى درجة حرارة مرتفعة لعينة المركب النانوي Au NPs-PDMS هي 50 C^0 .

7- في عام 2013 قام الباحث (Jeremy R. Dunklin) وآخرون. [15] بحث في الخصائص الحرارية لوسائط المركب النانوي Au-PDMS لمحتويات الذهب المختلفة. أغشية PDMS مغمورة في تركيز مختلف من محلول الذهب ($\text{HAuCl}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) لنفس فترة الحضانة. تم تشعيع العينات باستخدام ليزر ديود 532nm بقوة 18 mW بمساحة بقعة (1.2mm). تم جمع بيانات درجة الحرارة باستخدام كاميرا التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء. كان ارتفاع درجة الحرارة (5.0 C^0 , 14.9 C^0 , 28.9 C^0) لتركيزات محلول الذهب (0.5, 0.05, 0.005) على التوالي.

8- في عام 2014 قام الباحث (Qiang Li) وآخرون. [16] قاموا بإجراء دراسات عددية على التأثيرات الحرارية الضوئية لنباتات النيتروجين البلازمونية من الذهب والسيليكا والقشرة ، بما

في ذلك تراكيب الطبقات المختلفة. تُظهر الجسيمات النانوية البلازمية ذات القشرة الأساسية قابلية ضبط عالية جدًا في رنين البلازمون السطحي، مما يؤدي إلى تأثيرات حرارية معززة من حيث الارتفاع الأقصى في درجة الحرارة. تظهر نتائج المحاكاة أن أقصى ارتفاع في درجة الحرارة يبلغ (30nm) Au مع سماكة غلاف SiO₂ مختلفة مشععة بواسطة ليزر (1mW/mm²) هو (75K) عند الطول الموجي SPR المقابل.

9- في عام 2015 قام الباحث (Shun Shen) واخرون. [17] باقتراح توليف الغروانية المغناطيسية الفردية والمركبة Fe₃O₄ NPs بنفس البنية النانوية البلورية. حيث تم تشيع العينات باستخدام (808nm) NIR ، (5 W/cm²) لمدة (180 s) وقيست درجة الحرارة باستخدام المزوج الحراري . واستخلصوا إلى أنه في درجات الحرارة المرتفعة ، كانت Fe₃O₄ NPs المجهزة أكثر كفاءة من Fe₃O₄ NPs الفردية .

10- في عام 2016 قام الباحث (Stephen J. Norton) واخرون. [18] استخدموا متعدد الفيزياء COMSOL لحساب المقطع العرضي للامتصاص لهياكل الذهب النانوية المختلفة (النانوسفيري و الاغلفة النانوية والنانوستار) على مدى من الأطوال الموجية. حيث قاموا بحساب علو درجة حرارة السائل عن طريق حل معادله تدفق الحرارة باستخدام الجسيمات النانوية كمصدر حراري فعال. في حساباتهم ، افترضوا أن كثافة الجسيمات عددها (N = 10¹⁰/cm³) ، موزعة على حجم (1 cm³) ، ولليزر شدة ساقطة (5W/cm²). درجة حرارة السائل للجسيمات النانوية الكروية هي C⁰ 40 ووقت التشيع 400 ثانية.

11- في عام 2017 قام الباحث (Tyler V. Howard) واخرون. [19] بقياس التأثيرات الحرارية البلازمية لـ (16nm) Au NPs ومحاكاة باستخدام (4.4nm) PVP على زجاج

BK7 مصقول لتشكيل (70nm) من الاغشية النانوية المركبة بتراكيز مختلفة. تم تسليط ليزر اشعاعي على عينة المركب النانوي باستخدام ليزر الحالة الصلبة الذي يضخه الصمام الثنائي (532nm) بقوة (800 mW) وركز على بقعة قطرها (1.2mm). استخدم كاميرا الأشعة تحت الحمراء لتسجيل منحنى ارتفاع درجة الحرارة. أظهرت البيانات ان إسراف الحرارة البلازمونية لكل Au NPs محدود بحيث يقل فصل الجسيمات النانوية الى قيم اقل من طول موجة الرنين.

12- في عام 2017 قام الباحث (Foozieh Sohrabi) واخرون. [20] باقتراح قياس Ellipsometry كطريقة توصيف عالية الحساسية للبلازمون الحساس للجهد . تستند مقاييسهم الى معاملات دلتا الفعالة للتمييز بين محصلات تطبيق الفولتية المختلفة على المحاليل البيولوجية وانسجة المخ . تشير استجابة دلتا الفعالة القوية إلى أن الجهد الخارجي يعيد توزيع الشحنة على واجهة الأنسجة المعدنية ، مما يعدل السماحية ، مما ينتج عنه إشارات رنين بلازمونية مختلفة على السطح .

13- في عام 2021 قام الباحث (N.S.Shnan). [21] بدراسة اطياف الأمتصاص لمحاليل البوليمر مع الصبغة ، وتبين ان الامتصاصية تزداد بزيادة التراكيز حدوث (Red shift). ودراسة طيف الفلوره لمحاليل البوليمر مع الصبغة ، وتبين ان الفلوره يزداد بزيادة التراكيز حدوث (Blue shift). وتبين عند دراسة اطياف الانبعاث لغشاء البوليمر ، تبين ان سلوك البوليمر PVA مع صبغة الرودامين أحسن من سلوك البوليمر PVP مع صبغة الرودامين . وعند دراسة اطياف الانبعاث للعينات المحضرة ، تحدث ظاهرة رنين البلازمون السطحي (SPR) وبالتالي يتم تطبيق طاقة النبض بتراكيز معينه من جزيئات الفضة النانوية (Ag NPs) و SPR التي تؤثر على ضخ عتبة وزيادة كفاءة دليل الموجة.

14- في عام 2021 قام الباحث (L. H. Abbod2). [22] بدراسة اطياف الأمتصاص واطياف الانبعاث لصبغة RhB وقد تم خلط صبغة RhB مع Ag NPs وكانت نتيجة ذلك ان

صبغة RhB تؤدي الى ارتفاع اطياف الامتصاص والتي تسبب بارتفاع اطياف الانبعاث بسبب عملية التبريد التي تحدث لاطياف الامتصاص. ودرس التغير في عدد النبضات في طيف الفلورة يساعد بالحصول على تراكيز مختلفه من Ag NPs ، والذي من خلال خلط صبغة RhB (1×10^{-5} M) مع تراكيز مختلفه من Ag NPs وضحت ظاهرة البلازمونيك ، واثبت ان عند التركيز العالي ل (NPs) ستخفص عتبة الليزر ومتوسط التشتت للمسار الحر وتزداد الكثافة.

15- في عام 2021 قام الباحث (N.S. Shnan) . [23] بدراسة رنين البلازمون السطحي (SPR) من خلال تسليط الليزر على مواد نانوية (الذهب و الفضة) وقد استخدم ليزرين تم تسليطهن على اربع عينات مختلفه من حيث التركيب ، الليزر الأخضر طوله الموجي (532 nm) اما الليزر الازرق طوله الموجي (402 nm) واثبتت النتائج ان افضل تهيج SPRs لعينة الذهب عندما استخدم الليزر الأخضر اما عينة الفضة SPRs كانت عند استخدام الليزر الأزرق ، وتم استخدام تركيزين من Ag NPs والتركيز الأعلى Ag NPs يعطي الإشارة انعكاس عالي للقمّة وعرض النقطة الساخنه يكون اكبر . وهذه الزيادة تتأثر بزيادة قوة الليزر وتستخدم الليزر الازرق الأنضغاطي والزيادة بالطاقة تؤدي الى التفاعل مع الزيادة بالتركيز.

(3-1) الهدف من البحث The Aim of the Study

يهدف البحث الى دراسة ظاهرة البلازمون (SPR) لأوساط سائلة و صلبة مكونة من مزج ثلاث صبغات مختلفة (Rh6G,MB,MO) لتغطي مناطق مختلفة من المدى المرئي، كل نوع من هذه الصبغات ممزوج بتراكيز مختلفة من الجسيمات النانوية (الذهب والفضة) لغرض دراسة تأثير نوع وتركيز اضافة المادة النانوية على طيف الانبعاث، وكذلك دراسة ظاهرة البلازمون في الاوساط الصلبة لغرض لمقارنة بينها وبين الاوساط السائلة.

الفصل الثاني

الجزء النظري

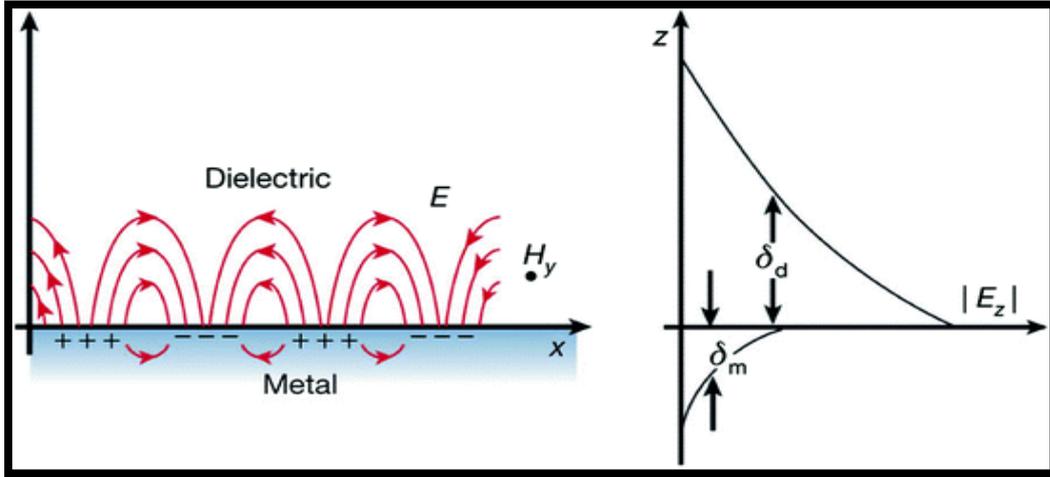
Introduction المقدمة (1-2)

يوضح هذا الفصل الخواص الفيزيائية للأصباغ المستخدمة ومستويات طاقتها. كما يتم عرض أنواع وأشكال مختلفة من الجسيمات النانوية . وتفسير المفاهيم الأساسية للظواهر البلازمونية وأنواع البلازمونات السطحية ؛ البلازمونات السطحية (SPP) ، والبلازمونات السطحية الموضعية (LSP) ، والاقتران بين plasmon-exciton .

(2-2) البلازمونيك Plasmonic

Plasmonic هو مجال دراسة الظواهر الضوئية التي تنتج عن تفاعل الإلكترونات الحرة التوصيل للجسيمات النانوية المعدنية النبيلة مع الموجات الكهرومغناطيسية (خاصة عند الترددات الضوئية المرئية) والتذبذب الجماعي المسمى بالبلازمون السطحي [24] ، حيث تكون البلازمونات عبارة عن تذبذبات جماعية لكثافة الشحنة والموجات الطولية التي تنتشر في كتلة معدنية ، ولا يمكن أن تقتصر مباشرة بالضوء. ومع ذلك ، في الواجهة بين المعدن والعازل الكهربائي ، يوجد وضع التذبذب لموجة الإلكترون للاقتتان بالضوء في ظل ظروف مطابقة معينة. [25] يُطلق على هذا الوضع اسم البلازمونات السطحية (SPs) أو بولاريتون البلازمون السطحي (SPPs) التي تتمركز على سطح معدني وتنتشر على طول السطح البيني بين المعدن والعازل الكهربائي SPs. يتم تمثيلها بشكل تخطيطي في الشكل (1-2).

عندما تكون SPs متهيجة ، يتم تحسين المجال الكهربائي في الاتجاه Z ، مما يوفر حساسية عالية بشكل ملحوظ للتوصيفات البينية. لهذا السبب ، جذبت البصريات الجديدة التي تستخدم هذا الصدى الانتباه في مختلف المجالات [26]. إذا وقع الضوء بشكل مباشر على فيلم معدني مسطح ، فلن تكون SPs متهيجة لأن علاقة التشتت تختلف بين SPs عن الضوء الذي ينتشر في الفضاء الحر. ومن ثم ، فإن النظام البصري الذي يتناسب مع الحالة ضروري لتهيج SPs. صمم Otto [27] و Kretschmann [28] أنظمة بصرية باستخدام الانعكاس الكلي لتهيج SP. يمكن للإلكترونات السريعة أو حواجز شبكية أن تثير أيضًا SP ، ومع ذلك ، فإن تقنية SP المتهيج ستقتصر على الأنظمة الضوئية العاكسة الكلية [25].



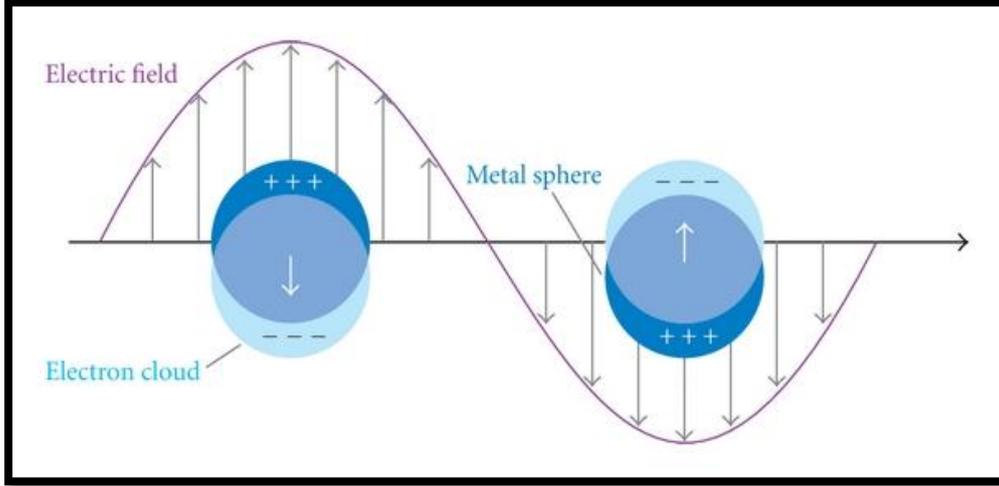
شكل (1-2) مخطط المجال الكهرومغناطيسي للبلازمون السطحي [25]

(SPP) القابل للانتشار على طول السطح الفاصل بين العازل و المعدن . (δ_d) هو طول الانحلال في

العازل الكهربائي و (m) هو (عمق الجلد) طول الانحلال في المعدن [25]

Plasmonic هو جزء رئيسي من nanophotonics التي يمكن أن تحصر الموجات الكهرومغناطيسية أصغر من حد الانفراج. يساعد تطوير تقنيات التصنيع النانوي على زيادة تطبيقات التراكيب النانوية البلازمية [29].

عندما تسقط الموجات الكهرومغناطيسية على سطح معدني ، فإنها ستسرع الإلكترونات وتؤدي إلى استقطاب ينتج عنه قوة استعادة تؤدي إلى تذبذب الإلكترون الحر للمعدن كما هو موضح في الشكل (2-2). هذا التذبذب مكمّم وتذبذب الإلكترونات الحرة هو تكميم لتذبذبات البلازما ويسمى البلازمون السطحي [30].



شكل (2-2) الرنين السطحي للبلازمونيك الموضعي للجسيمات النانوية المعدنية [31]

واعتماداً على الشكل ، هناك نوعان من البلازمونات السطحية: بولاريتون البلازمون السطحي (SPP) والبلازمونات السطحية الموضعية (LSP).

(1-2-2) بولاريتون البلازمون السطحي (SPP) Surface Plasmon Polariton

هي موجات طولية ، تنتشر عند السطح الفاصل بين العازل والمعدن. هذه الموجات تسير بالتوازي مع اتجاه الانتشار ، لذلك لا يمكن أن تثيرهم الموجات المستعرضة. الطريقة الأكثر فاعلية لتهيج البلازمون السطحي هي استخدام الإلكترونات ، أي عندما يثير الضوء الإلكترونات ، تمر الإلكترونات عبر طبقة معدنية رقيقة وتفقد بعض الطاقة ، وهذا الفقد في استخدام الطاقة لتهيج SPP [32].

(2-2-2) البلازمونات السطحية الموضعية (LSP) Localized Surface Plasmon

هي موجات غير منتشرة . في حالة الجسيمات النانوية الكروية ، فإن السطح المنحني للجسيمات النانوية يخلق قوة استعادة على الإلكترونات لينتج عنها رنين البلازمون الموضعي . يمكن تهيج هذا النوع من الرنين عن طريق اشعاع الضوء مباشرةً [33].

يمكن وصف تفاعلات المجالات الكهرومغناطيسية مع التراكيب النانوية المعدنية بطريقة كلاسيكية لمعادلات ماكسويل . معادلات ماكسويل للمجال الكهرومغناطيسي لنظام محدد تصف أربعة متجهات 1- قوة المجال الكهربائي (E) 2- الازاحة الكهربائية (D) 3- قوة المجال المغناطيسي (H) 4- كثافة التدفق المغناطيسي (B) [34].

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho_e}{\epsilon_0} \quad (2.1)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.2)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.3)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J} \quad (2.4)$$

حيث

(ϵ_0) ، (μ_0) : السماحية ونفاذية الفضاء الحر .

(ρ_e) : كثافة الشحنة الكلية .

(\vec{J}) : هي الكثافة التيار الكلية .

المجال الكهربائي الخارجي الحادث يثير الإلكترونات الحرة ويبعدها عن مواقعها الطبيعية في الشبكة المعدنية. يمكن وصف حركة الإلكترونات الحرة المتذبذب بمعادلة الحركة [35]:

$$m_e \ddot{x} + m_e \gamma \dot{x} = -q_e E \quad (2.5)$$

حيث

(m_e) : كتلة الإلكترون الحرة .

(x) : إزاحة الإلكترون .

(q_e) : شحنة الإلكترون .

(E) : هي المجال الكهربائي الخارجي .

(γ) : عامل التخميد الإلكتروني .

ويكون حل المعادلة (2.5) لسعة معينة (x_0) هو الحل العام للمجال الكهربائي المتذبذب

$$\epsilon = \epsilon_0 e^{-i\omega t} \quad [36]$$

$$x_0 = \frac{q_e}{m_e(\omega^2 + i\omega\gamma)} \epsilon_0 \quad (2.6)$$

حيث

(ω) : هو التردد الزاوي .

يكون ارتفاع المجهر الإلكتروني للاستقطاب هو $(P = -Nq_e x)$ في حالة (N) هي عدد الإلكترونات ويعطى بواسطة :

$$P = \frac{N q_e^2}{m_e(\omega^2 + i\omega\gamma)} E \quad (2.7)$$

والإزاحة الكهربائية (D) يعتمد على وظيفة العزل للإلكترون الحر على النحو التالي :

$$D = \epsilon_0 E + P \quad (2.8)$$

المعادلة (2.8) تصبح :

$$D = \epsilon_0 \left(1 - \frac{\omega_p^2}{(\omega^2 + i\omega\gamma)} \right) E \quad (2.9)$$

تردد البلازما للإلكترونات الحرة هو [37] :

$$\omega_p^2 = \frac{n q_e^2}{\epsilon_0 m_e} \quad (2.10)$$

(ϵ_ω) السماحية العازلة للإلكترون الحر هي :

$$\epsilon_\omega = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\omega\gamma} \quad (2.11)$$

هذه المعادلة تصف سلوك plasmonic في المعدن السائب باستخدام نموذج Drude .

الجسيمات النانوية المعدنية الكروية الصغيرة جداً عند مقارنتها بطول موجة الضوء الساقط ، فإن قابلية

الاستقطاب للجسيمات النانوية (Pa) هي [38] :

$$Pa = 4\pi R^3 \frac{\epsilon(\omega) - \epsilon_d}{\epsilon(\omega) + 2\epsilon_d} \quad (2.12)$$

حيث

(R) : نصف قطر الجسيمات النانوية.

($\epsilon(\omega)$) : السماحية الكهربائية للمعدن.

(ϵ_d) : سماحية الوسط.

LSP يحدث عندما يصل استقطاب الجسيمات النانوية إلى الحد الأقصى ، أي يتم تصغير $\epsilon(\omega) + 2\epsilon_d$

المقطع العرضي البصري للجسيمات النانوية الكروية يعزز خواص التشتت والامتصاص القوية في ظل ظروف البلازمونات وتعطى بواسطة [39] :

$$\sigma_{scs} = \frac{k^4}{6\pi} |Pa|^2 \quad (2.13)$$

$$\sigma_{acs} = k \text{Im} [Pa] \quad (2.14)$$

حيث

$(\sigma_{acs}) (\sigma_{scs})$: هي المقاطع العرضية للتشتت والامتصاص .

(k) : هي متجه الموجة للضوء الساقط [39] .

(3-2) اقتران اكرزيتون بلازمون Exciton-Plasmon Coupling

يلعب التحكم في تفاعل الضوء مع المادة دورًا أساسيًا في الظواهر الضوئية الناشئة ، والتي لها تطبيقات واسعة في الإلكترونيات الضوئية ، والبصريات غير الخطية ، والليزر ، والتحليل الطيفي [40]. توفر الديناميكا الكهربائية لكم التجويقي (QED) وصفًا ميكانيكيًا كميًا لهذه التفاعلات الأساسية في الأشكال الهندسية المحصورة [41]. عندما توضع الذرة في تجويف بصري ، تقترن الأنماط الرنانة للتجويف بالتحويلات الإلكترونية للذرة. يمكن فهم الأيونات المحاصرة في تجاويف عالية الجودة [42] ، ونقاط Q في التجاويف البلورية الضوئية [43] ، والمواد العضوية ذات التحويلات المثيرة في التجاويف الضوئية [44] في إطار التجويف QED. توفر المواد Excitonic الموضوعية في تجويف plasmonic منصة جديدة

لدراسة التجويف [45] QED. الاقتران بين البلازمونات السطحية (SPs) على الأسطح المعدنية [46] والإكزايتونات في المواد البصرية ينتج عنه نظام كمي مقترن [47].

يمكن تصنيف قوة الاقتران بين مذدبين في أنظمة اقتران قوية وضعيفة. تتميز قوة الاقتران بمقارنة معدل انتقال الطاقة بين المادة والتجويف ومعدلات الانحلال للحالات الفردية [48]. عندما يكون معدل الانحلال

أصغر بكثير من معدل نقل الطاقة ، يتم إنشاء نظام اقتران قوي [49]. اقتران قوي بين الإكزايتونات

و SPs تشكل حالة هجينة مقترنة ، والتي تنشأ عندما يتردد وضع الحد الأدنى للإكزايتون مع وضع الحد

الأدنى للبلازمون [45]. يمكن أن يوفر المجال الكهرومغناطيسي المعزز لـ SPs وقوة المذبذب القوية

للإكزايتونات الظروف اللازمة لاقتران قوي. في نظام اقتران البلازمون السطحي والإكزايتون الضعيف ، لا

يتم تعديل الطبيعة المتأصلة لأنماط SPP والإكزايتون وبالتالي تزيد معدلات الامتصاص أو الانبعاث

للجزيئات [50]. ومع ذلك ، عندما يتم اعتبار الاقتران قويًا ، يتم تعديل أوضاع SPP و exciton عن

طريق تشكيل أوضاع مقترنة جديدة ، وبالتالي يتم ملاحظة سلوك مضاد للتقاطع في منحنى التشتت

[51]. لوحظ Anticrossin عند الطاقة حيث يتردد رنين كل من وضعي البلازمون السطحي والإكزايتون

في نفس التردد [52]. كما تم توضيحه نظريًا وتجريبياً ، في نظام اقتران البلازمون والإكزايتون القوي ،

يتم فصل حالتين من الطاقة المتكونتين حديثاً بواسطة قيمة طاقة تسمى اختلاف الطاقة بها طاقة تقسيم

رابي. تعطى طاقة تقسيم رابي بواسطة [53]:

$$\hbar_R = \sqrt{4V - (\gamma_p - \gamma_e)^2} \quad (2.15)$$

حيث

(V) هي معامل الاقتران

(γ_p) و (γ_e) هي عرض الخط (أي التخميد) الحد الأدنى للبلازمون و الحد الأدنى الاكزايتون ، على التوالي.

تحدد قوة هذا التفاعل كلاً من خصائص الامتصاص والانبعاث للجزيئات الموضوعة بالقرب من الهياكل البلازمية ، مما يحكم بشكل فعال الخصائص البصرية لنظام هجين مثل هذا [54]. يمكن ضبط تقسيم راى بطريقتين :

1- عن طريق تغيير خصائص excitonic للمادة مثل المكون (γ_e أو γ_p).

2- عن طريق التحكم في خصائص نظام plasmonic (أي تغيير γ_p).

تم إثبات تعديل خصائص excitonic من خلال تغيير الكثافة الضوئية لنظام [55] excitonic على الأسطح المعدنية ، وكذلك التبدل القابل للانعكاس بين أنظمة الاقتران الضعيفة والقوية عبر عملية كيميائية ضوئية ، والتي تغير قوة العزم ثنائي القطب [51]. لقد ثبت أن سماكة الأغشية المعدنية (أو عمق الجلد المعدني) تؤثر على خواص النظام قيد الدراسة وبالتالي تتحكم في كمية الضوء التي يمتصها النظام أو ينقلها [56]. على سبيل المثال ، يعمل فيلم معدني سميك مثقوب بمصفوفة نانو ثقب على زيادة انتقال الضوء الساقط [56]. على العكس من ذلك ، عندما تنخفض سماكة الفيلم المعدني النانوي إلى حول عمق الجلد للمعدن (حوالي 20nm) ، لوحظ سلوك معاكس ، أي يتم كبت انتقال الضوء الساقط أو ، بعبارة أخرى ، امتصاص يزيد الفيلم ذو البنية النانوية [57]. في دراسات سابقة ، لوحظ أنه عندما تكون سماكة الفيلم المعدني أصغر من عمق اختراق الموجة الزائفة ، يزداد امتصاص الفيلم المعدني بشكل كبير [58]. في دراسة أخرى ، تبين أنه يمكن تحقيق اقتران حرج عريض النطاق للضوء الساقط عن طريق ضبط سمك الفيلم المعدني. بطريقة مماثلة ، تم التحقيق في الاقتران الحرج في

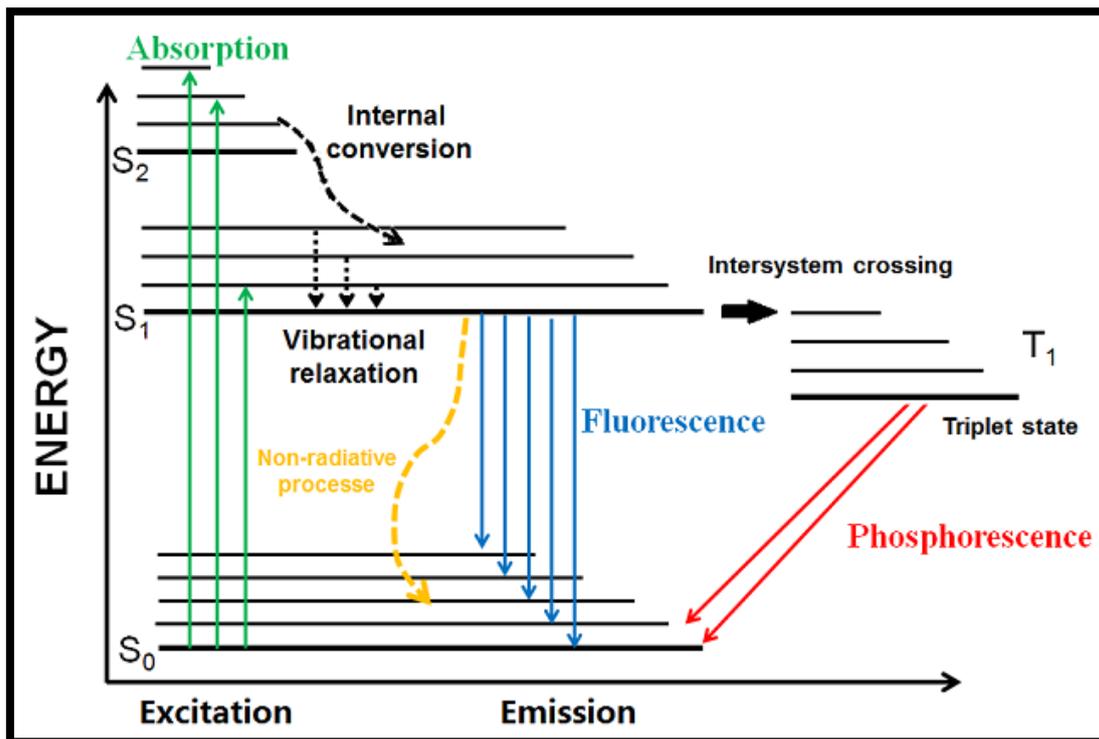
مصفوفات تجويف جزيئي و plasmonic مقترنة [59]. في الآونة الأخيرة ، تم تقديم ضبط اقتران البلازمون السطحي والإكزايتون وبالتالي طاقة فصل رابي في نظام الاقتران القوي عن طريق التحكم في تخميد البلازمون السطحي [52].

لم يتم دراسة اقتران المعدن تحت عمق الجلد. في هذا الفصل ، تم توضيح ضبط اقتران SP-exciton عن طريق التحكم في المكون البلازموني [60]. من الممكن ضبط طاقات فصل Rabi التي تتراوح من (0 meV) إلى (150 meV) عن طريق تغيير سماكة الطبقة plasmonic ، والتي تحدد طبقة plasmonic. تمت دراسة تعزيز الامتصاص للجزيئات في نظام الاقتران الضعيف للبلازمون-إكزايتون [61]. تم التحكم في قوة اقتران البلازمون السطحي والإكزايتون من نظام الاقتران الضعيف (الذي لا يظهر أي سلوك مضاد للتقاطع) إلى نظام الاقتران القوي (يُظهر سلوكًا مضادًا للتقاطع) بسمك طبقة plasmonic [62]. بالإضافة إلى ذلك ، فإن تركيز جزيئات الصبغة أمر بالغ الأهمية ويحدد نقطة الانتقال من نظام الاقتران الضعيف إلى نظام الاقتران القوي. تتوافق دراسة المصفوفة التحليلية والتحويلية لدراسات التشتت بشكل جيد مع النتائج التجريبية. ستجعل القدرة على ضبط اقتران SP-exciton هذا النظام مرشحًا واعدًا لمجموعة من التطبيقات الجديدة [63].

(4-2) الفلورة Fluorescence

(1-4-2) خصائص انبعاث الفلورة :

الفلورة هي ظاهرة تحفيز الجزيء بواسطة امتصاص الفوتون ، ويمكن أن يعود إلى الحالة الأساسية وتحدث الفلورة . في الشكل (2-3) رسم تخطيطي للطاقة جابلونسكي يوضح مستويات الطاقة المختلفة في امتصاص وانبعاث الضوء [64].



شكل (2-3) مخطط طاقة جابلونسكي [64]

تحدث ثلاثة انتقالات تؤدي إلى عملية انبعاث الفلورة : الامتصاص و الاسترخاء والفلورة. عندما يمتص الجزيء فوتون يحدث انتقال إلكتروني ويمكن إنتقال الجزيء من المستوى الالكتروني الارضي (S_0) الى المستوى (S_1) [65]. تحدث عملية الامتصاص في مدى فيمتوثانية (10^{-15} s). بمجرد تهيج الجزيء إلى المستوى الاهتزازي ، يحدث الاسترخاء الاهتزازي لإلكترونات المستوى المتهيج إلى أدنى مستوى في نطاق (10^{-14} - 10^{-11} s). تحدث العملية النهائية ، الفلورة التي هي انبعاث الفوتونات المرافقة لـ $S_1 \rightarrow S_0$ ، في حدود (10^{-9} - 10^{-7} s) تسمى الجزيئات التي تمر بتحويلات إلكترونية ينتج عنه الفلورة تسمى الفلوروفور أو الصبغات [66].

لا يحدث انتقال الإلكترون من المستوى المتهيج إلى المستوى الأرضي فقط مع انبعاث الفلورة ، ولكن أيضاً بدون انبعاث الفلورة. العملية الأولى هي انتقال إشعاعي والأخيرة هي انتقال غير إشعاعي [67].

يمكن أن يحدث هذا الانتقال غير الإشعاعي مع ثبوت قيمة ، مثل التحويل الداخلي (k_{IC} ، IC) ، والعبور بين الأنظمة (k_{ICS} ، ISC) ، وعملية التبريد (k_Q) ونقل طاقة الرنين (k_{RET} ، RET) مما يؤدي إلى إزالة التهيج من الجزيئات وترتبط بإنتاجية الكم الفلورية ، مما يعطي تعبيراً عن العائد الكم الفلوري (Φ_F) وهو نسبة عدد الفوتونات المنبعثة (k_F) إلى عدد الفوتونات الممتصة [67]:

$$\Phi_F = \frac{k_F}{k_F + k_{IC} + k_{ISC} + k_Q + k_{RET}} \quad (2.16)$$

يؤدي التهيج إلى المستوى الإلكتروني الأعلى ، إلا أن طاقة انبعاث الفلورة أقل من طاقة التهيج بسبب فقدان الطاقة في المستوى المتهيج بسبب الاسترخاء غير الإشعاعي. لذلك يقع طيف الفلورة عند طول موجي أعلى من طيف الامتصاص لأن الجزيئات في المستوى المتهيج تفقد الطاقة بسبب عملية غير إشعاعية. تسمى هذه الفجوة بين قمة الامتصاص وقمة الفلورة انزياح ستوكس [68].

(5-2) التراكيب النانوية Nanostructure

النمو السريع لتكنولوجيا النانو يرتبط بالتطبيقات الغير نهائية للانظمة والتراكيب والاجهزة ، عن طريق التحكم في الشكل والبنية والحجم على مقياس نانومتر [69] . المواد توفر بهذا المقياس الكثير من المزايا ، معتمداً على البنية والحجم وطريقة التحضير والشكل [70] .

الجسيمات النانوية تصنيف من مختلف الأنواع والمواد خلال المدى (1-100nm) وفقاً لتجمع الذرات والجزيئات كما تم توضيحها في الشكل (2-4) إلى :

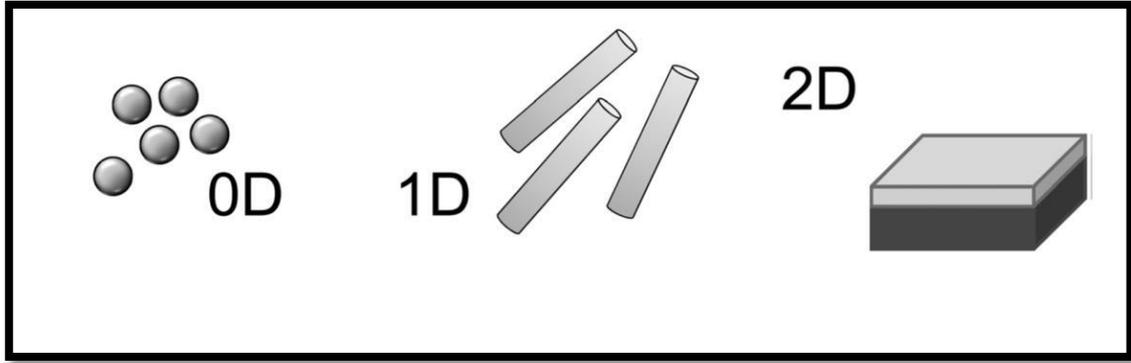
1- Zero dimensional nanoparticles : هي الجسيمات النانوية التي يكون طول الأتجاهات

الثلاثة لها في مقياس النانومتر. الجسيمات النانوية ذات الابعاد الصفرية يتم عزلها عن بعضها البعض

مثل الجزيئات المعدنية او المواد النانوية (Au NPs ، Ag NPs) او جزيئات اشباه الموصلات (النقاط الكمومية).

2- One dimensional nanoparticle : هي الجسيمات النانوية التي يكون طول اتجاهها واحد فقط اي خارج نطاق النانومتر مثل الانابيب النانوية والعصي النانوية والاسلاك النانوية.

3- Two dimensional nanoparticles : هي الجسيمات النانوية التي يكون لها اتجاهان خارج نطاق النانومتر ، مثل الصفائح النانوية والأغشية النانوية وسطح الطلاء [71].



شكل (2-4) جزيئات النانو التي تم تصنيفها حسب اتجاهاتها [72]

الحالة المتكثلة للجسيمات النانوية تحدث على مسافات قصيرة نتيجة قوة فان دير فال ، وهذا التكتل سيؤثر على الخواص الكهرومغناطيسية والكيميائية للجسيمات النانوية [73] . تعتمد عملية التكتل على نوع الجسيمات النانوية وظروف طريقة التركيب وتركيز الجسيمات النانوية في المذيب . يمكن تجنب عملية التكتل من خلال عدة عمليات مثل طلاء سطح الجسيمات النانوية بمادة عضوية أو غير عضوية أخرى أو التثبيت الكيميائي عن طريق صقل الارض في معلق مائي [74] . التطور العالي يتيح تصنيع أنواع مختلفة من الجسيمات النانوية مثل الجسيمات الكروية [75] و الاسلاك النانوية [76] في تقنيات تصنيع الجسيمات النانوية .

الجسيمات النانوية تتمتع بتحسين أعظم للخواص الكيميائية والفيزيائية مع مقارنتها بالمواد الكتلية وفقاً لمساحة السطح الكبيرة جداً لنسبة الحجم [77].

خواص الجسيمات النانوية (الخواص الفيزيائية والكيميائية) تعتمد على البنية والاستقرار المادي والحجم والشكل وتوزيع الجسيمات النانوية ، التي يتم فحصها باستعمال تقنيات مجهرية مختلفة مثل المجهر الإلكتروني النافذ والمسح المجهر الإلكتروني [78].

(6-2) جسيمات الفضة النانوية (Ag) Silver Nanoparticles

الجسيمات النانوية (Ag) تحتوي على أعداد كبيرة من الكثرونات التوصيل ، وهذه قد تؤدي الى تفاعل قوي بين الجسيمات وفوتونات الضوء ، مما يؤدي ذلك إلى تذبذب الرنين الجماعي [79]. هذا السلوك يمكن ان يعزى الى المقطع العرضي الاعلى للتشتت والامتصاص . معتمداً على معامل الانكسار وحجم الجسيم لسطح المعدن ، طول موجة الرنين الاعلى يمكن ان يتنوع في المدى (400-530nm). في حين ان قطر حجم الجسيمات واستخدام قضيب أو صفيحة من جزيئات الفضة النانوية يزداد نتيجة إزاحة اطوال موجات الرنين الاعلى الى اطوال موجية أطول [80].

(7-2) جسيمات الذهب النانوية (Au) Gold nanoparticles

جسيمات الذهب النانوية (Au) تتمتع بخواص بصرية فريدة لأنها تدعم البلازمونات السطحية. في اطوال موجية محددة من الضوء ، يتم تحريك البلازمونات السطحية الى الرنين وتمتص بقوة أو تشتت الضوء الساقط [81]. يكون هذا التأثير قوي لدرجة ان الجسيمات الذهب النانوية الفردية تسمح أن يكون حجمها (50nm) [82]. لذلك يجب الإشارة بصورة خاصة الى تشتت الضوء وامتصاصه من خلال جسيمات الذهب النانوية ذات الاحجام الصغيرة بما يكفي ، والتي يمكن مقارنتها بمتوسط المسار الحر للألكترونات

في المواد المتوسعة مكانياً أو أقل منه. في هذه الحالة ، يكون من الضروري عند الألكترونات الحرة عند حدود جسيمات الذهب النانوية قياس تشتت الضوء. يفسر هذا على ان متوسط المسار الحر للألكترونات يتم تقييده ، وهذا يؤدي الى مسار اضافي لتبديد طاقة الالكترونات الحرة [83].

(8-2) الصبغات الليزرية Laser dyes

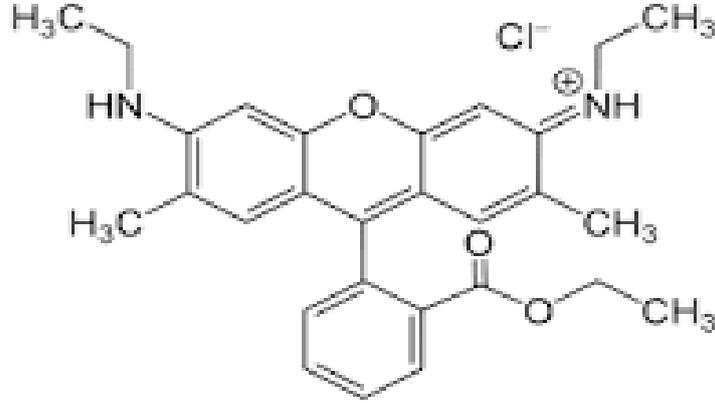
تستخدم اصباغ الليزر في الكثير من الأنظمة العملية كوسيط ربح فعال. الصبغة تتكون من جزيئات الفلورة في مذيب مائي او عضوي. ويمكن ان تظهر الصبغة مكاسب عالية وتضخ بكفاءة عالية ، وذلك نتيجة الكفاءة الكمية العالية المتألفة والأنبعاثات العرضية وأمتصاص المقطع العرضي. لذلك تستخدم الصبغة كوسط ربح فعال. نطاق التردد الكبير للربح في الصبغات يوفر نطاق ضبط واسع لإشعة الليزر العشوائية [84].

(1-8-2) صبغة رودامين 6G (Rh6G) Rhodamine 6G Dye

تحتوي هذه الصبغة على نطاق من الترددات الواسعة ، مثل تردد الضوء البرتقالي الذي طوله الموجي يبلغ (590nm) ، هذا الضوء يضخ من مصدر الليزر الأخضر ويبلغ طول الموجي (532nm) . والصبغة الجزيئية لصبغة الرودامين 6G هي (C₂₈ H₃₁ N₂ O₃ Cl) و الوزن الجزيئي (479.02 gm/mol) Rhodamine 6G تكون كفاءة عالية ، حيث نستطيع تحويل 20% من طاقة الليزر الساقطة الى خرج الليزر [85] ، وتكون الكفاءة الكمية هي عامل مهم في تعين خواص الليزر العشوائية [86] .

يستخدم Rhodamine 6G كصبغات وكمسارات فلورية لوصف السطح في الجسيمات النانوية للبوليمر ، ودراسة البنية للجزيئات ، وواحدة من اهمها يستعمل كوسط فعال نشط في الليزر العشوائية وذلك

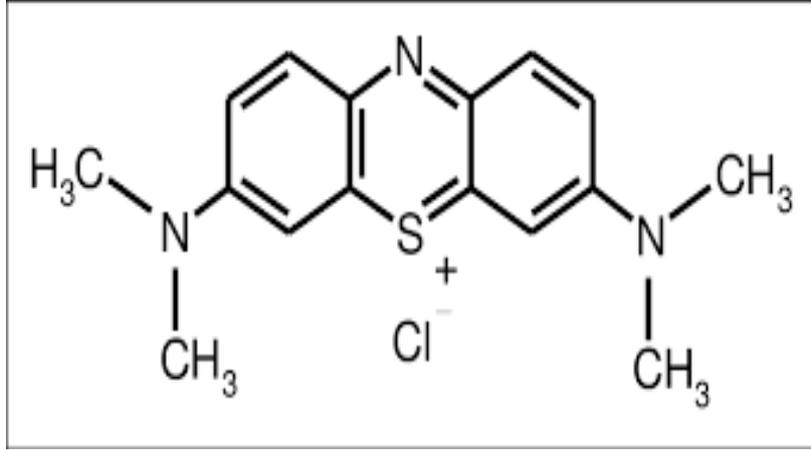
لأرتفاع انتاج الكوموية الفلورية [88,87] ، اضافة الى استخدامات إخرى عديدة [90,89] . والتركيب الكيميائي لصبغة رودامين 6G يوضح من خلال الشكل (2-5) .



شكل (2-5) يوضح صبغة الليزر رودامين 6G (التركيب الجزيئي)[91]

(2-8-2) صبغة الميثيلين بلو (MB) methylene blue dye

صبغة الميثيلين بلو هو مركب كيميائي عطري يكون غير متجانس والصيغة الجزيئية له هي $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ووزنه الجزيئي (319.85 gm/mol) ، وقد تم اعداده من قبل كارو لأول مرة في عام 1876 كصبغة مشتقة من الانيلين للمنسوجات [92, 93] . الميثيلين بلو يكون قابل للذوبان في الماء بكل سهولة ، ذي الطول الموجي (660nm) ، واطياف الانبعاث له (690nm). الحد الاقصى يقع ضمن نطاق انبعاث ليزرات الصمام الثنائي الشائعة المستخدمة في العلاج بالليزر ذي المستوى المنخفض [94] . بالإضافة إلى ذلك ، يتم استخدام هذه الصبغة في العديد من التطبيقات الكيميائية الضوئية والطبية [95]. [96] التركيب الكيميائي للصبغة يوضح في الشكل (2-6).



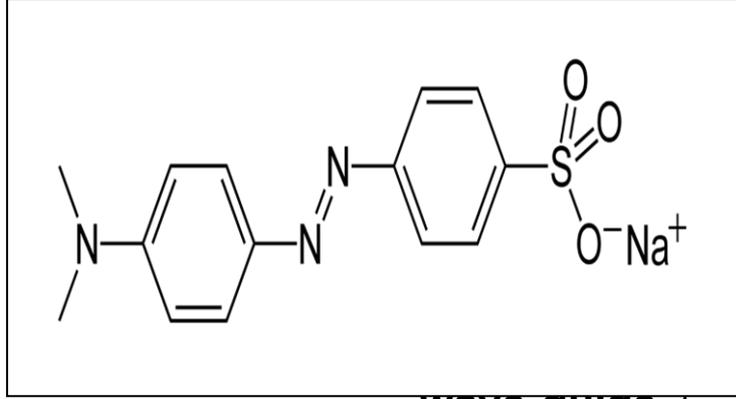
شكل (2-6) التركيبة الجزيئية لصبغة الميثيلين بلو [97]

(3-8-2) صبغة الميثيلين اورنج (MO) Methylene Orange dye

إنَّ صبغة الميثيلين اورنج هو مركب كيميائي عطري يكون والصيغة الجزيئية له هي $(C_{14}H_{14}N_3NaO_3S)$ ووزنه الجزيئي (327.33 gm/mol) . يكون الميثيلين اورنج قابل للذوبان في الماء بسهولة بطول موجة امتصاص يبلغ (480nm) . الميثيل اورنج هو مؤشر الأس الهيدروجيني شائع الاستخدام في المعايرة بسبب تغير لونه الواضح. يشيع استخدامه في معايرة الحمض لأنه يغير لون الأس الهيدروجيني الحمضي. على عكس المؤشر العالمي ، لا يحتوي الميثيل اورنج على الطيف الكامل لتغيير اللون ، ولكنه يحتوي على نقطة نهاية أكثر وضوحًا. هذه الأصباغ المشتقة من الأزو لها مجموعة متنوعة من التطبيقات. من بين هذه يمكن أن نذكر: التحليل الكيميائي والصيدلاني للمواد ، بشكل رئيسي لمعايرة الأحماض والملونات في منتجات النسيج والأقمشة البيولوجية.

ومن مميزاته يحتوي مؤشر درجة الحموضة البرتقالية الميثيل على حالة فيزيائية صلبة وقابل للذوبان في الماء لتكوين محلول مائي. لونه أصفر برتقالي وليس له رائحة (لا طعم له) . لديها نقطة غليان $300\text{ }^{\circ}\text{C}$

وكثافة 1.28 جم / سم³. قابل للذوبان في 500 جزء من الماء [98] و التركيب الكيميائي للصبغة يوضح في الشكل (2-7).

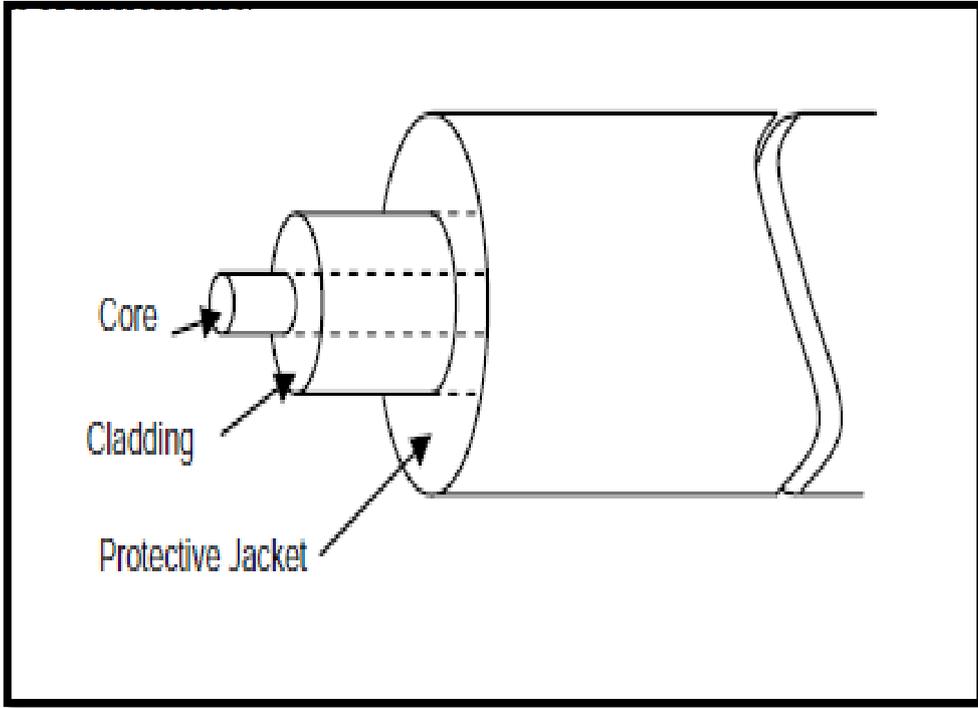


(2-9) موجة الموجه wave guide

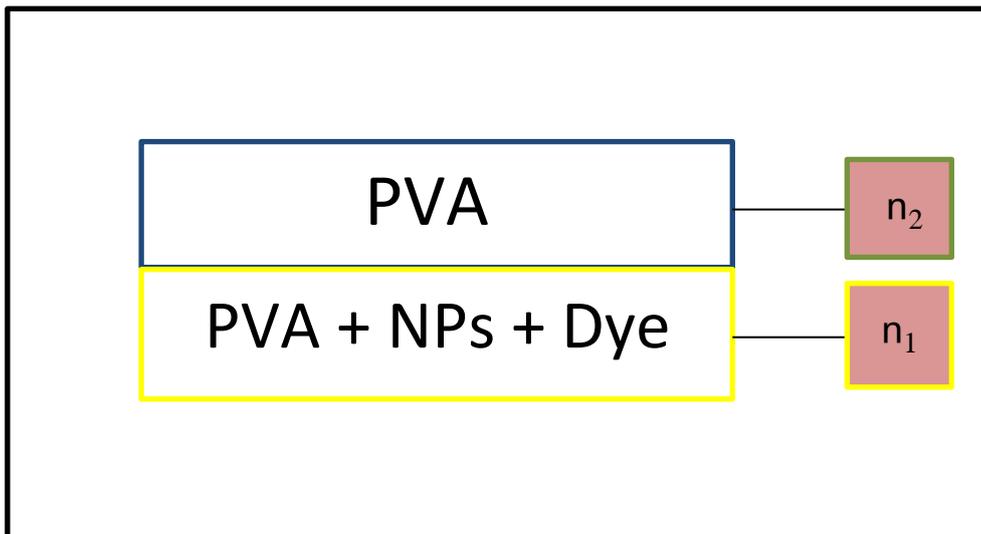
الدليل الموجي هو هيكل يوجه الموجات مثل الموجات الكهرومغناطيسية أو الصوتية ، ولكل منها نوع مختلف من الدليل الموجي. وهي مصنوعة من مواد منخفضة التوصيل مثل زجاج الكوارتز. لها نواة مركزية تسمى القلب ، وعندما يمر الضوء من خلالها ، تكون محاطة بقشرة خارجية (الغطاء) ذات معامل انكسار أقل قليلاً. تخضع أشعة الضوء التي تسقط على اللب بزواوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة للانعكاس الداخلي الكلي وتكون محدودة داخل اللب دون أي انكسار [100] . يجب أن تكون المادة التي يتكون منها الألياف الضوئية شفافة بالنسبة للأطوال الموجية للضوء التي تنتقل عبرها. عادةً ما يتم اختيار النظارات التي تتكون أساساً من السيليكا المنصهرة (SiO₂) بسبب معامل الانكسار (1.47) عند الأطوال الموجية البصرية . يمكن زيادة معامل الانكسار عن طريق تعاطي مواد معينة لتوفير قيم مختلفة للقلب والغطاء [101] . ثلاثة أجزاء مهمة موضحة في الشكل (2-8) .

يوجد القلب (core) في منتصف الشكل ، والذي يقتصر على معظم الطاقة الضوئية ومُحاط بعدة طبقات من الغطاء (cladding) ، لكن القلب يحتوي على معامل انكسار أعلى قليلاً من الغطاء . من المؤكد أن هذا الاختلاف الصغير في معامل الانكسار موجود في نمط الضوء الذي يمكن أن ينتشر على طول

الألياف كنمط اتجاهي ، وتظل معظم طاقة النبضة محدودة في القلب . عادةً ما تغطي طبقة المواد الواقية نواة الألياف وليس لها تأثير مباشر على الضوء . وتتمثل وظيفتها في حماية ودعم الطبقة الداخلية لنواة الألياف وطبقة الغطاء ، والتي يمكن أن تجمع بين ألياف بصرية متعددة في كابل بصري واحد [102] . هناك نوعان من الألياف (احادي النمط ومتعدد الانمات) . الوضع الفردي (SMF) له قطر نواة أكبر من الطول الموجي ، عادة ما بين (7-10 μm) ، مقارنة بالألياف أحادية النمط ومتعددة الوسائط ذات الأغشية (125 μm) [103] .



الشكل(2-8) التركيبية الأساسية للألياف الضوئية





شكل (2-9) مخطط توضيحي لموجة الموجة المستخدم

الفصل الثالث

الجزء العملي

Introduction المقدمة (1-3)

في هذا الفصل سوف يتم مناقشة تحضير الجسيمات الذهب والفضة النانوية بطريقه الاستئصال بالليزر النبضي بالإضافة الى تحضير الصبغات المستخدمة كأوساط فعالة وتخفيفها، وكذلك سوف يتم مناقشة الاجهزة المستخدمة في تحضير وقياس العينات المستخدمة.

Materials used in the thesis المواد المستخدمة في البحث (2-3)**Organic dyes used الاصبغ العضوية المستخدمة (1-2-3)****1- صبغه الرودامين 6G Rodamine6G**

تظهر الصبغة على شكل مسحوق صلب أحمر يذوب في الماء والكحول والإيثانول ليشكل محلول متفلور نقي بنسبة %99 . صبغة رودامين المستخدمة في هذه الدراسة هي (R6626_25G) كما موضحة في الصيغه الكيمائية لها في الجدول (1-3).

الجدول (1-3) خواص صبغة Rh6G المستخدمة في الدراسة

الوزن الجزيئي gm/mo	الصيغة الكيميائية	الاسم العلمي	الصبغة
479.02	C ₂₈ H ₃₁ N ₂ O ₃ Cl	o-(6-Ethylamino-3 ethylimino-2,7-acid dimethyl-3H-Xanthene-9-yl) benzoic ethyl ester, Rhodamine 590,pilot 559	Rh6G

2- صبغة الميثيلين بلو Methylene Blue

الصبغة هي عبارة عن مسحوق أزرق صلب يذوب في الماء والكحول والإيثانول لتشكيل محلول متفلور . والصيغة الكيمائية لها موضحة في الجدول (2-3).

الجدول (2-3) خواص صبغة MB المستخدمة في الدراسة

الوزن الجزيئي gm/mol	الصيغة الكيميائية	الاسم العلمي	الصبغة
319.85	$C_{16}H_{18}ClN_3S$	Urelene blue, Provayblue, Proveblue, others , CI 52015 , basic blue 9	MB

3- صبغة الميثيلين اورنج Methylene Orange dye

الصبغة هي عبارة عن مسحوق برتقالي صلب يذوب في الماء والكحول والإيثانول لتشكيل محلول متفلور والصبغة الكيميائية لها موضحة في الجدول (3-3).

الجدول (3-3) خواص صبغة MO المستخدمة في الدراسة

الوزن الجزيئي gm/mol	الصيغة الكيميائية	الاسم العلمي	الصبغة
327.33	$C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$	Sodium 4-[(4- dimethylamino) phenyldiazenyl]benzenesulfonate,Sodium phenylazo] 4-[(4-dimethylamino) benzenesulfonate	MO

(2-2-3) البوليمرات المستخدمة

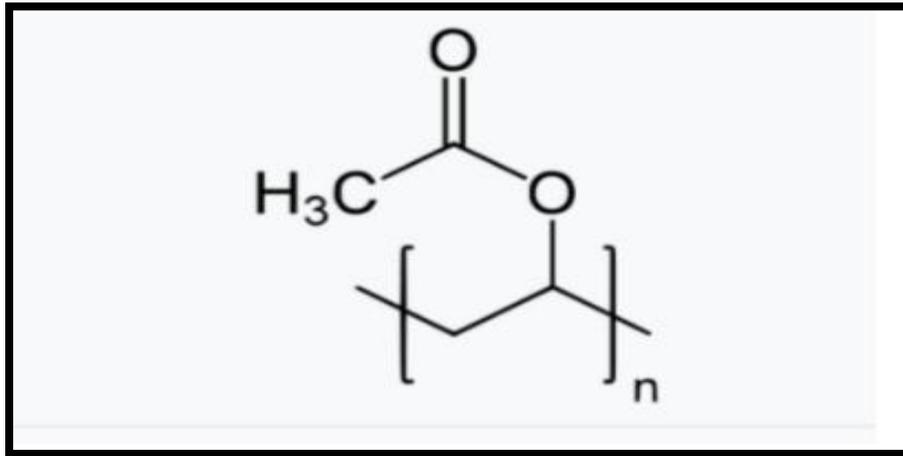
بولي فينيل كحول (PVA) Poly vinyl pyrrolidone

هو بوليمر عالي ، قابل للذوبان في الماء ، وغير قابل للذوبان في الأحماض والمذيبات العضوية ، في شكل حبيبات ويكون البوليمر ذو لون الأبيض والبوليمر المستخدم في هذه الدراسة (PVA) من Sigma_Aldrich . في الشكل (1-3) يوضح التركيب الجزيئي للبوليمر.

الجدول (4-3) الخواص الفيزيائية للبوليمر PVA

$(C_2H_4O)_x$	الصيغة الكيميائية
---------------	-------------------

200C	نقطة الانصهار
(1.19-1.31) gm/cm ³	الكثافة
الماء المقطر	المذيب
مسحوق أبيض اللون	المظهر



الشكل (3-1) التركيبة الجزيئية لبوليمر PVA

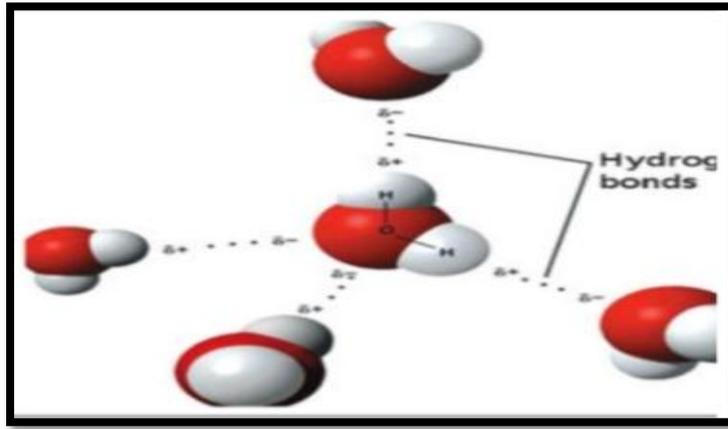
(3-2-3) المذيبات المستخدمة Solvents used

الماء المقطر distilled water

(Solvent) المذيب هو غاز أو سائل يستخدم في إذابة مادة مذابة صلبة أو سائلة أو غازية وبذلك تشكل محلول. الماء هو أحد المذيبات الأكثر شيوعاً. من بين المذيبات العضوية ، المذيبات شائعة الاستخدام هي مواد كيميائية عضوية. تحتوي المذيبات على نقاط غليان منخفضة وتتبخر بسهولة تاركة وراءها مواد مذابة في هذه الدراسة تم استخدام الماء المقطر كمذيب للصبغات كما هو مبين في الشكل (3-2) والذي يوضح بعض خواص الماء المستخدم للصبغات .

الجدول (3-5) الخواص الفيزيائية للماء المقطر

المذيب	الصيغة الكيميائية	الوزن الجزيئي gm/mol	درجة الانجماد C'	معامل الانكسار N	معامل قطبية المذيب $f\Delta$	ثابت العزل الكهربائي E	الكثافة gm/cm ³	اللزوجة Centi poises
الماء	H ₂ O	18.015	0	1.3333	0.6398	78.5	1	1.008



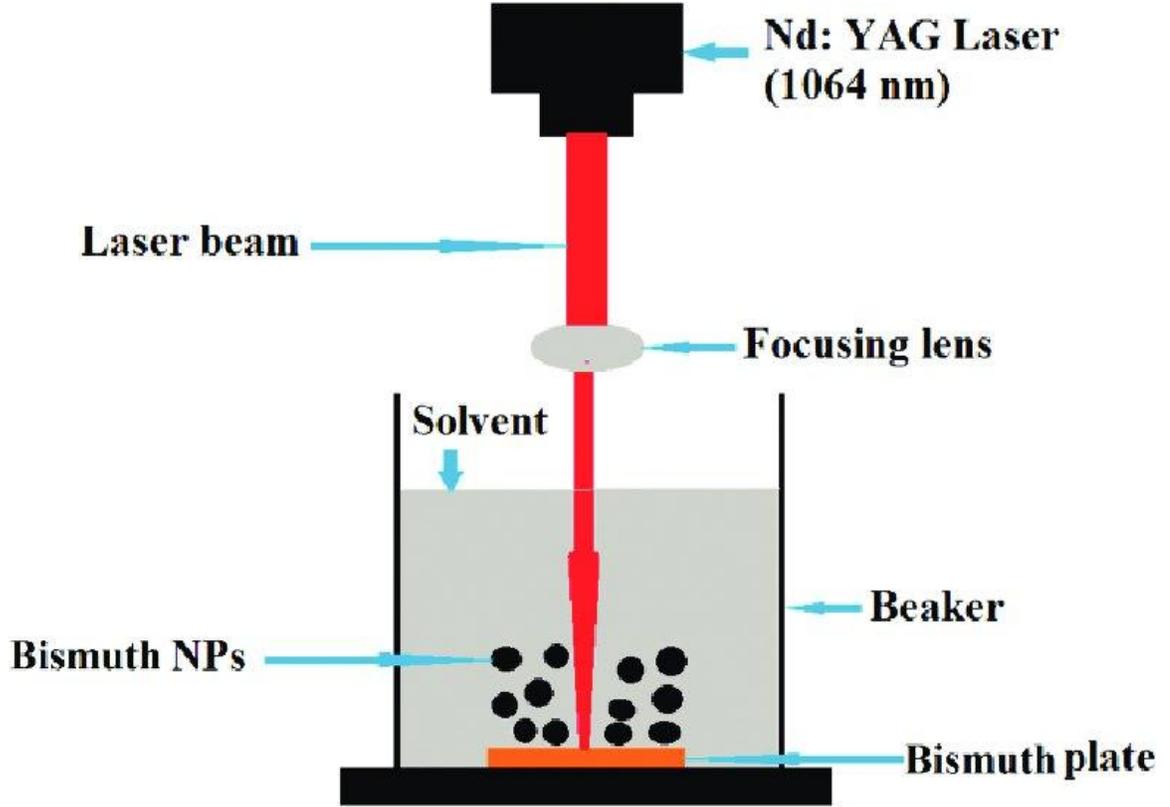
الشكل (3-2) التركيبية الجزيئية للماء المقطر

(3-3) تحضير العينات Samples preparation

(1-3-3) تحضير الجسيمات النانوية

ولتحضير نوعين مختلفين من المواد النانوية البلازونية مثل الذهب والفضة النانوي عن طريق طريقه الاستئصال بالليزر النبضي، حيث تم تسليط ليزر نبضي ن Q-switched Nd: YAG التوافقي الأول بنبضة مختلفة ، وعرض النبضة (5nPulse) ومعدل التكرار من (1-10 HZ) على مادة الهدف ذات سمك (2mm) بالنسبة للذهب و (3mm) بالنسبة للفضة وبنقاوة تصل (99.99). تم تحضير هذه العينات عند طاقة ثابتة عند (500mJ) و معدل تكرار متغير من أجل الحصول على تراكيز مختلفة لكل نوع من الجسيمات النانوية شبه البلازمية ، تم إجراء عملية الاستئصال بخمس نبضات ليزر مختلفة (500,600,700,800,900 Pulse) . وقد وجد أن زيادة نبضة الليزر تؤدي إلى تشكيل زيادة

تدرجية في تركيز Au NPs و Ag NPs. تم تركيز مصدر الليزر على الهدف باستخدام نوع خاص من مرآة عاكسة عالية وبعد بؤري (25cm) على هدف معدني Au و Ag مستدير في منزوع الأيونات الماء هو مبيّن في الشكل (3-3). تم التحقق من التركيزات التي تم إنتاجها عن طريق الاستئصال بالليزر باستخدام المجهر الإلكتروني للنفاذية (TEM). تمت دراسة الخصائص البصرية للجسيمات النانوية بواسطة مقياس الطيف الضوئي UV-Vis.



الشكل (3-3) مخطط للإعداد التجريبي المستخدم في تحضير الجسيمات النانوية باستئصال الليزر في وسط سائل

(2-3-3) تحضير محاليل الصبغات

ولإعداد الصبغات المعينة بتركيز محددة ، وفقاً للعلاقة يتم إذابة كمية مناسبة من مسحوق الصبغات بحجم محدد من المذيب المستخدم .

$$w_m = \frac{C \times V \times Mw}{1000} \dots \dots \dots (1 - 3)$$

W_m : وزن الصبغة المطلوب للحصول على التركيز المطلوب بوحدة gm.

C: التركيز الذي يجب تحضيره في ML

V : حجم المذيب cm^3 مضافاً إلى المادة.

Mw : الوزن الجزيئي للصبغة المستخدمة gm / mol.

ولتقليل الخطأ في عملية تحضير العينات ، تم تحضير محلول من كل صبغة (Rh6G ، MB، MO)

بتركيز أعلى (1×10^{-3}) مول / لتر في مذيب من الماء مقطر ، كان بحجم (10 ml) من الماء

المذيب ، وتم تحضير محلول أخف بتركيز (1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 5×10^{-5} , and 1×10^{-4} M)

من التركيز المحضر ، وأضيف حجم محدد من نفس المذيب إلى حجم هذا التركيز (تركيز عالٍ) ، ويتم

ذلك باستخدام العلاقة التالية ، والمعروفة بعلاقة التخفيف كما موضحة في الشكل (3-4) .

$$C_1V_1 = C_2V_2 \dots\dots\dots(2-3)$$

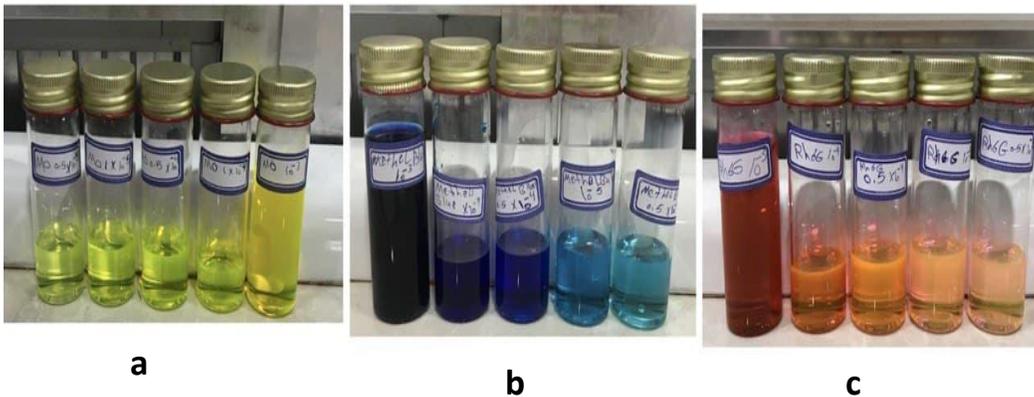
إذ :-

C_1 : التركيز الأول (العالي).

C_2 : التركيز الثاني (الأخف).

V_1 : الحجم اللازم من التركيز الأول.

V_2 : الحجم المطلوب اضافة للتركيز الأول لكي نحصل على التركيز الثاني.



الشكل (3-4) صبغات (a-Rh6G ، b- MB ، c-MO) المذابة في الماء وبتركيز

(1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 5×10^{-5} , and 1×10^{-4} M)

ولقد استخدم ميزان ذو حساسية 10^{-4} والمجهز من شركة (Sartorius) الالمانية لوزن الصبغة الموضح

بالشكل (3-5) .



الشكل (3-5) الميزان الحساس

دقيقة الموضح 30 ولمدة 70°C لتسخين الصبغة بدرجة حرارة Magnetic Stirrer وأيضا استخدم جهاز

واستخدم مغناطيس صغير الحجم وذلك لخلط الصبغة جيدا.

تحضير عينات البوليمر المطعم بالصبغة والجسيمات النانوية (3-3-3)

تم تحضير نماذج البوليمر المطعمة بالصبغات الليزرية من خلال تنفيذ الخطوات التالية :

1- تحضير الصبغات (Rh6G, MB, MO) في مذيب (ماء مقطر) بتركيز (1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5})

5×10^{-5} , and 1×10^{-4} M) حسب المعادلة (1.3) والمعادلة (2.3) كما هو موضح في الشكل (3-4).

2- تحضير محلول بوليمر PVA بتركيز 2% ثم مزجه مع الصبغات (Rh6G, MB, MO) وتكون مذابة في الماء عند تراكيز (1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 5×10^{-5} , and 1×10^{-4} M) كما هو مبين في الشكل.

(4-3-3) تحضير أغشية الجسيمات النانوية المتكونة من (Au,Ag) وتحضير اغشية البوليمرية المتكونة من بوليمرات (PVA) ومحاليل الصبغة (Rh6G,MB,MO) .

1- تنظيف القواعد الزجاجية cleaning of Substrate

لترسيب الطلاء تم استخدام القواعد الزجاجية ليتم الترسيب عليها ، حيث يتم تقطيع القواعد الزجاجية إلى قطع صغيرة ثم تنظف القواعد الزجاجية قبل استخدامها بعملية الترسيب باستخدام الخطوات التالية: -

1- يتم غسل القواعد الزجاجية بالماء ومسحوق المنظفات ويتم مسحها بقطعة من القماش تكون نظيفة وناعمة للتخلص من الأتربة وبقع الزيت العالقة بها وللتخلص من الأوساخ المتبقية.

2- بعد ذلك تغسل القواعد الزجاجية جيداً بالماء المقطر ، ثم توضع في وافي زجاجي وتغمر في الماء المقطر ، وبالتالي يتم وضعها في (ultrasonic bath) هو جهاز تنظيف الموجات الصوتية ولفترة 15 دقيقة.

3- بعد ذلك يتم استخراج القواعد الزجاجية من الماء المقطر وغسلها بكحول الاسيتون عالي النقاوة ، وتغمر بكحول الاسيتون ثم وضعها في الحاوية مرة ثانية ووضع الحاوية الزجاجية في جهاز الموجات فوق الصوتية ولفترة 15 دقيقة وتم ازالة أي شوائب عالقة بها كما هو موضح في شكل (3-6).

4- بعد ذلك استخدام قطعة قماش ناعمة أو ورق تنظيف خاص لتكون جاهزة للاستخدام ومن ثم يمكن ترسيب الغشاء عليها.



الشكل (3-6) جهاز التنظيف بالموجات فوق الصوتية

2- تحضير الاغشية الرقيقة للصبغات و البوليمرات Preparation of thin films for dyes and polymers

تم تحضير أغشية رقيقة من محلول الصبغة والبوليمر. وتم إذابة الكمية المناسبة من المسحوق (البوليمر) في مذيب (الماء المقطر) وترسيبة على الوسط الفعال الذي اختير من افضل نتيجة من كل نوع من الاوساط الفعالة المرسبة على شريحة زجاجية شفافة على طريقة (Spin Coater) كما مبين في الشكل (3-7).



الشكل (3-7) الأغشية البوليمرية بعد ترسيب عليها طبقة من الصبغات الممزوجة مع الجسيمات النانوية

(Rh6G,MB,MO)

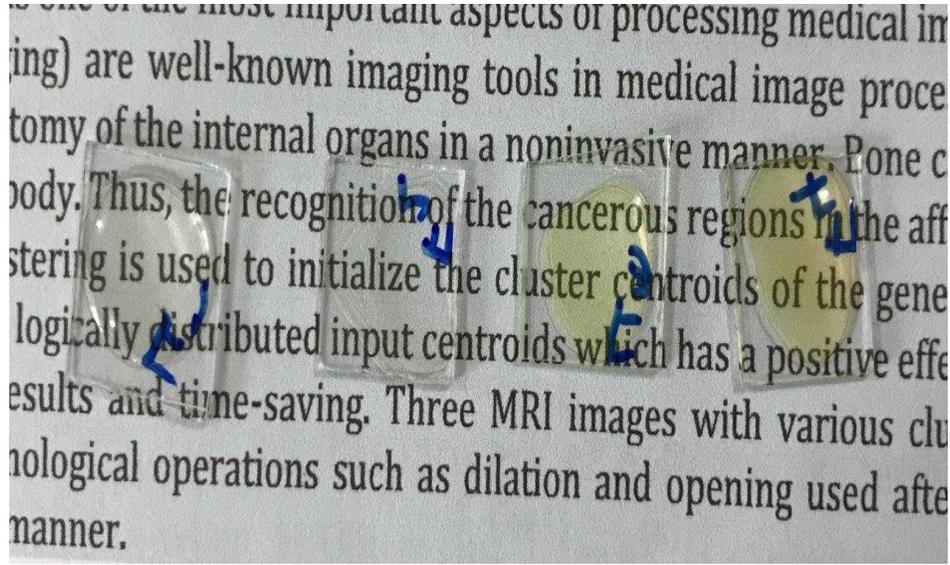
3- تحضير الاغشية الرقيقة للجسيمات النانوية Preparation of thin films for

growing particles

يتم تحضير غشاء رقيق من الجسيمات النانوية ، وترسب الجسيمات النانوية في مذيب من الماء المقطر ،

ويتم اخذ كمية معينة (5ml) من هذا المحلول ، ويم وضعة على قاعدة زجاجية شفافة بطريقة Spin

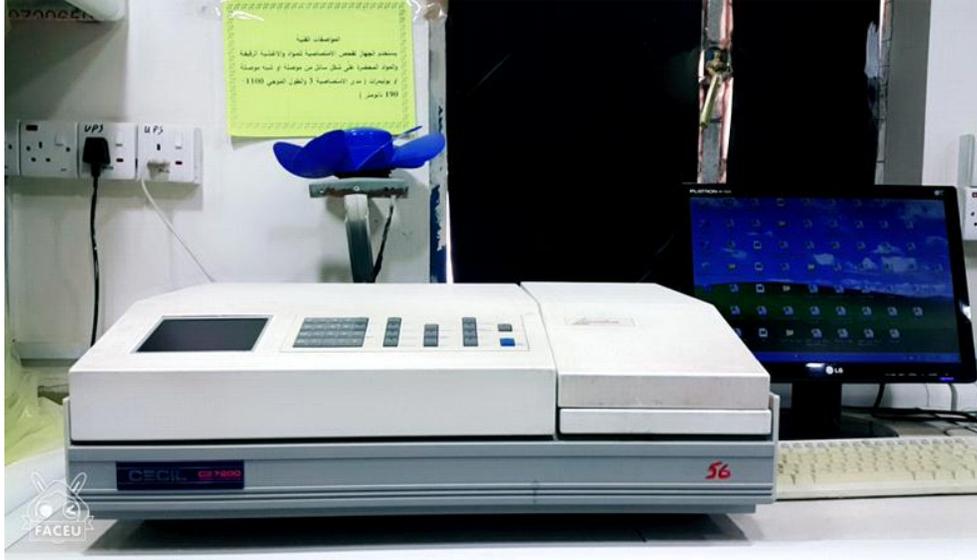
(Coater) كما هو موضح في الشكل (3-8).



الشكل (3-8) الاغشية المرسب عليها طبقة من الجسيمات النانوية (Au,Ag)

(4-3) قياس طيف الامتصاص Absorption spectrometry

تم استخدام مطياف الأشعة CECIL CE 7200 (ENGLAND) لأيجاد ظاهرة البلازمون لأوساط فعالة ليزرية سائلة للمحلول المحضر عن طريق تحليل أطيف الامتصاص. ذات النطاق الطيفي (900 nm-200) ، كما هو موضح في الشكل (3-9) ، حيث تم وضع خليه من زجاج الكوارتز بسمك (1cm) وملؤها بالماء حتى تعترض طريق الأشعة. ووضعت خلية أخرى أيضاً من زجاج الكوارتز وتم ملؤها بمحلول الصبغة بنفس سماكة الخلية السابقة.



الشكل (3-9) جهاز قياس (UV-VIS)

(5-3) قياس طيف الفلورة Fluorescence spectrometry

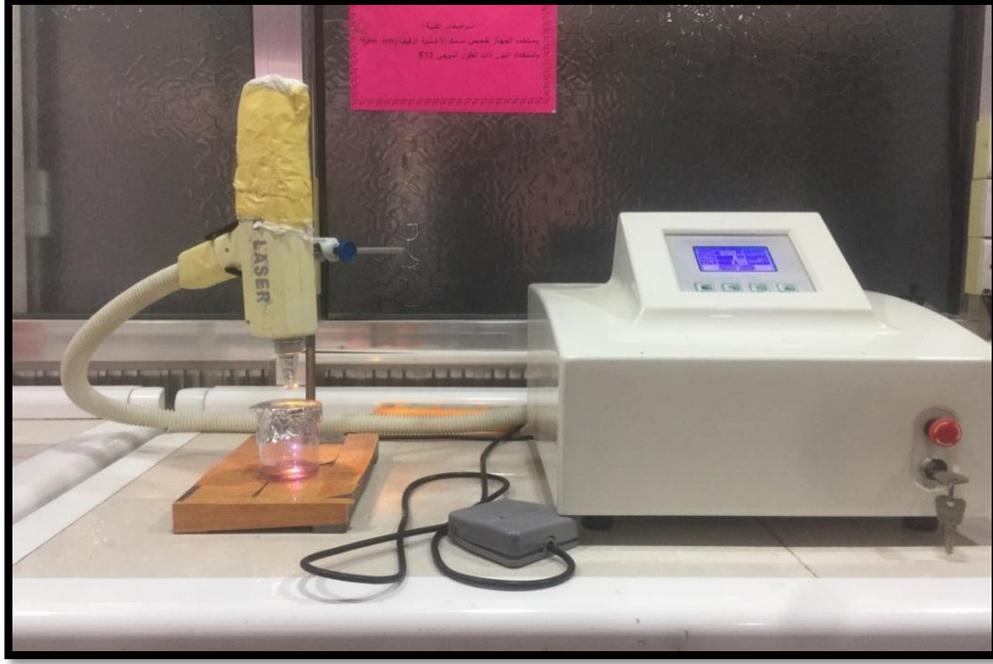
استخدم مطياف الفلورة F5-2 لإجراء قياس طيف الفلورة على الصبغة المعدة ، كما هو موضح في الشكل (3-10). يتكون من مصدر ضوء ذي قدرة (150 watt Xenon arc lamp) ونسبة المسح (200, 400,600 nm/min) ومعدل طيف الانبعاث والتهيج (200 -700 nm) وحاسبة (computer) وكاشف (High sensitivity- photomultiplier tube) (PMT) يوضح شكل (3-10) آلية عمل الجهاز.



(جهاز قياس اطياف الفلورة (3-11 الشكل

(3-6) منظومة الأستئصال بالليزر النبضي (Laser Ablation System)

يوضحُ الشكل (3-12) جهاز الليزر النبضي لاستئصال الجسيمات النانوية الغروية لهدف صلب مغمور في محاليل مختلفة . وتتألف من مصدر ليزر Q-switch Nd-YAG laser ذي طول موجي مع التوليد التوافقي الثاني (second harmonic generation 532nm) . واستعملت منظومة الأستئصال بالليزر لأستئصال الفضة (Ag) والذهب (Au) في (5ml) من الماء بطاقة (500mJ) ونبضات (500,600,700,800,900 plus) كما موضح بالشكل (3-13) .



الشكل (3-12) تضخ Q-switch Nd-YAG laser

والذي أنتج لنا الجسيمات النانوية (الذهب و الفضة) كما موضحة بالشكل (3-14) .



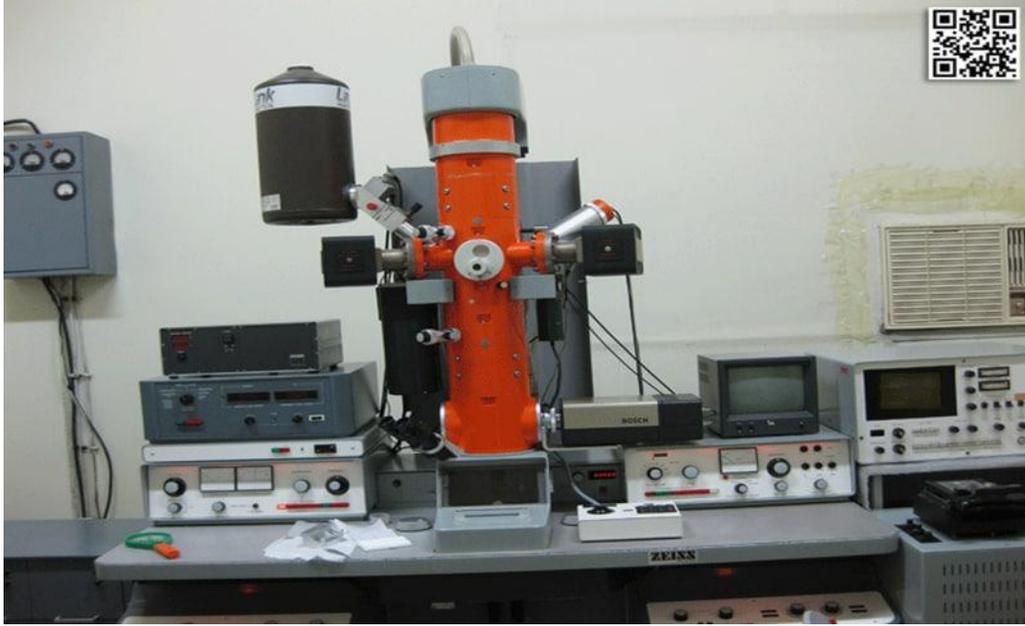
شكل (3-13) مادة النانوية للذهب والفضة (Ag) - a

(3-7) قياس المجهر الالكتروني للنفاذية (TEM) Transmission electron microscope measurement

للحصول على دقة افضل لاكتشاف ابعاد القلب / الأغلفة النانوية الحجم والسمك والشكل . يستوجب استخدام

نموذج المجهر الالكتروني لنفاذية (Zeiss- EM10C) (TEM) والذي يعمل بجهد متسارع يبلغ (100

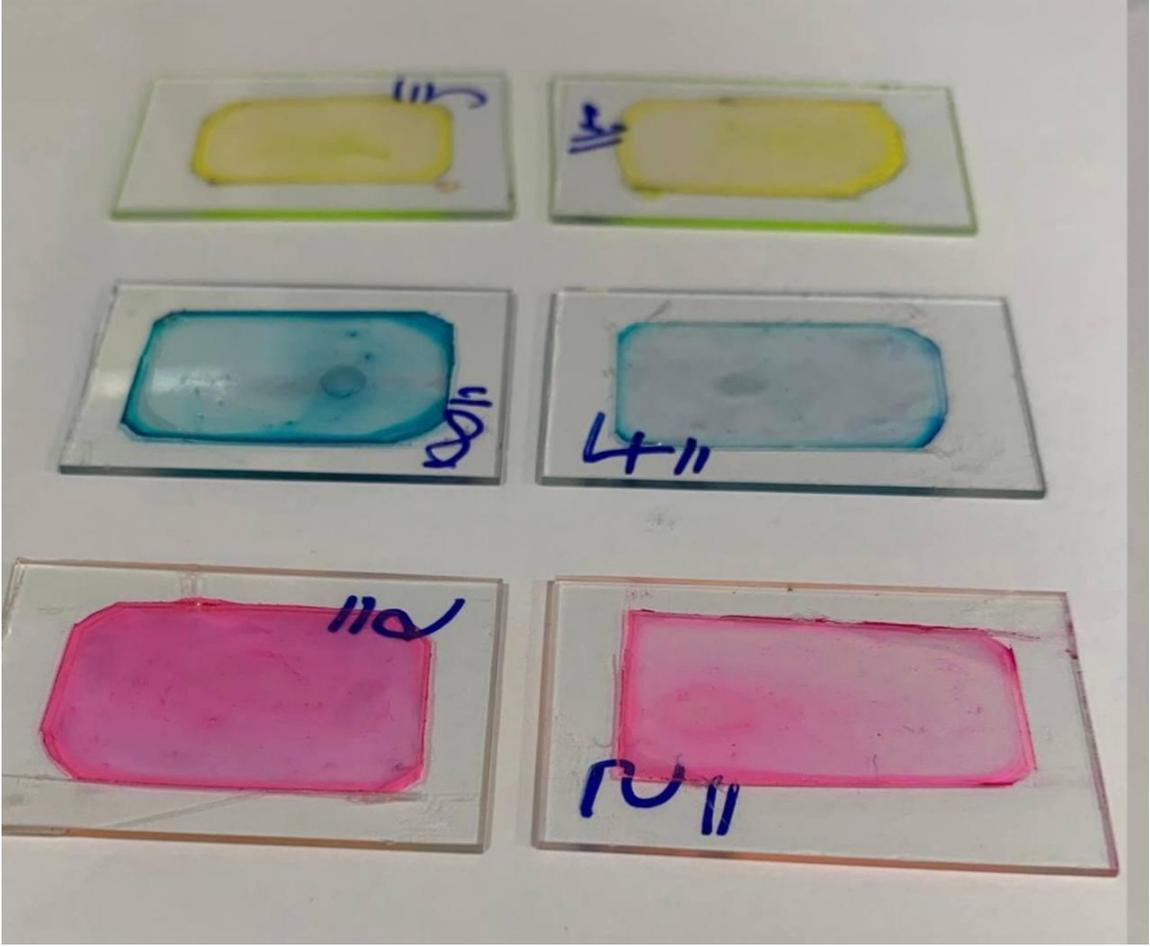
(kV) . من اجل التحقيق في الخواص المورفولوجية للقديفة NPs الاساسية ، وكما هو مبين في الشكل (14-3).



الشكل (14-3) يبين المجهر الالكتروني للارسال (TEM)

(8-3) تحضير الاوساط الفعالة الصلبة Preparation of solid active-gain media

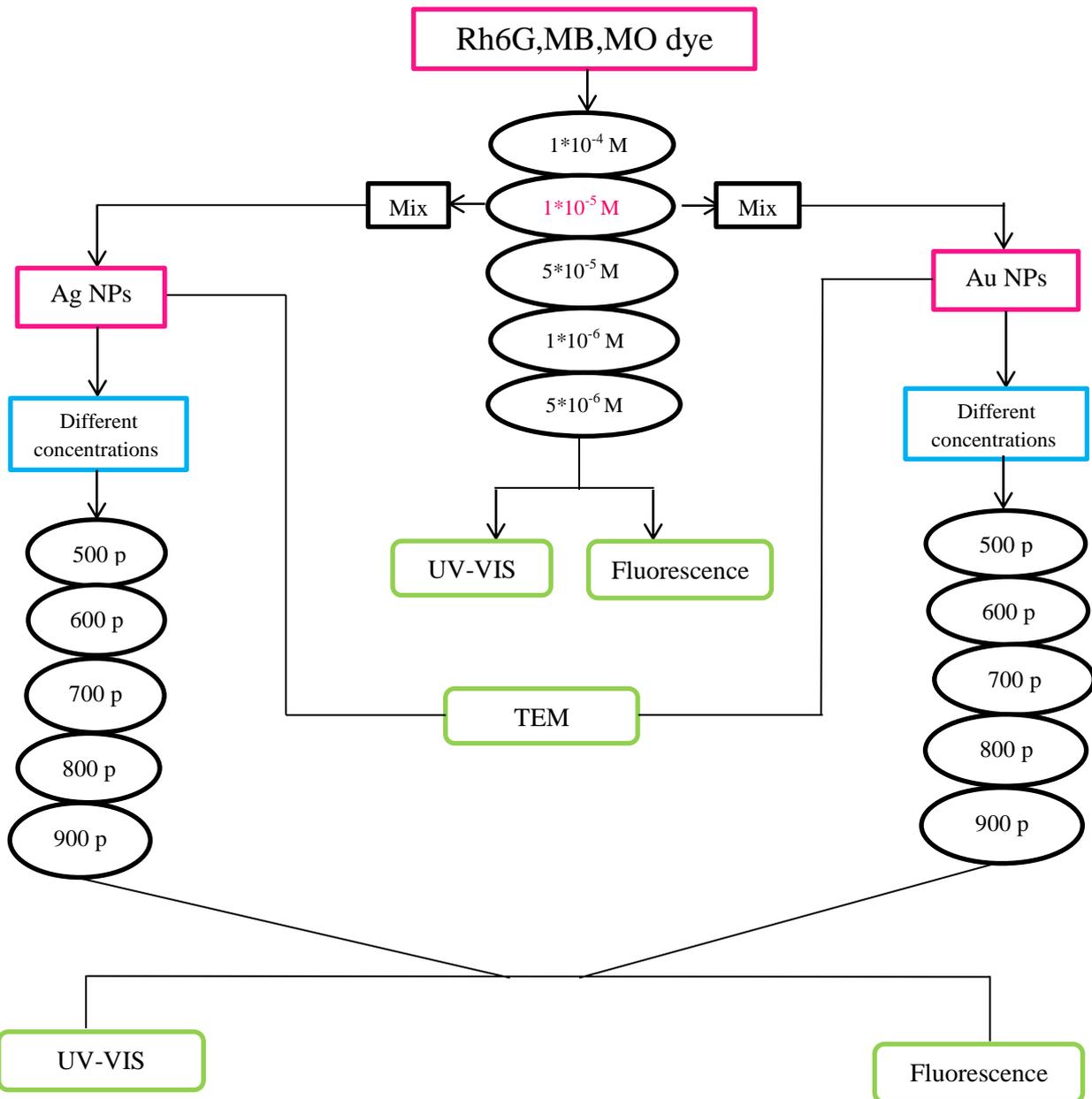
في هذا الجزء ، سيتم إعداد ست عينات مختلفة مرسبة على شريحة زجاجية ومغطاه ببولمر (PVA) من اجل الحصول على الدليل الموجة للوسط الفعال بين الزجاج والبوليمر ، حيث رسب نوعين مختلفين من الجسيمات النانوية (Au NPs و Ag NPs) ممزوجين بثلاثة أصباغ مختلفة (ميثيلين اورنج ، الرودامين 6G ، الميثيلين بلو) على الزجاج ، وقد تم اختيار أفضل تركيز من كل وسط فعال سائل كما هو موضح في الشكل (15-3) .



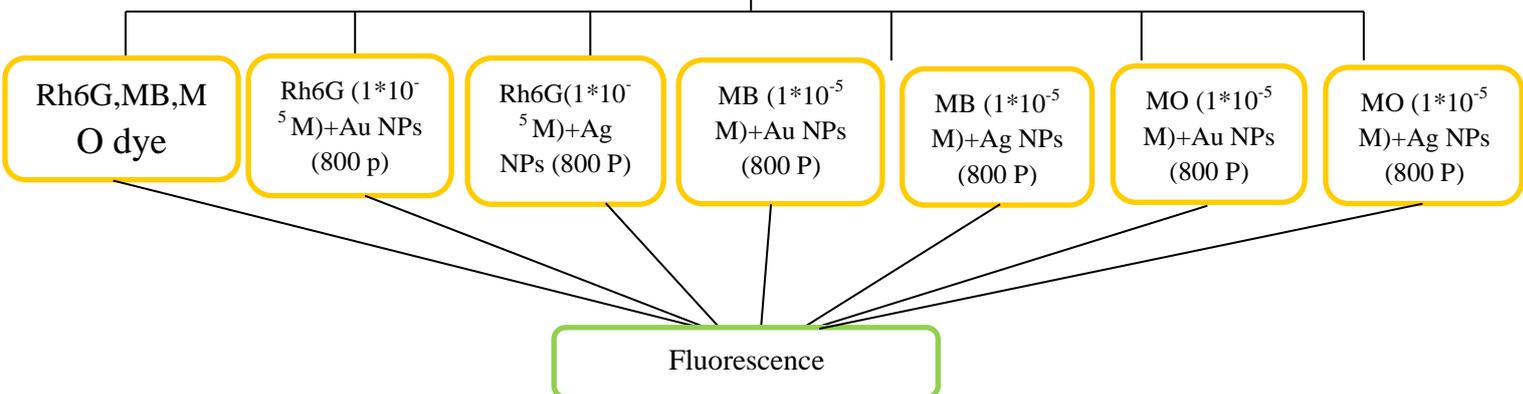
شكل (3-15) الاغشية الرقيقة للصبغات الثلاث (MO , Rh6G , MB) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Au NPs و Ag NPs)

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة



Thin film

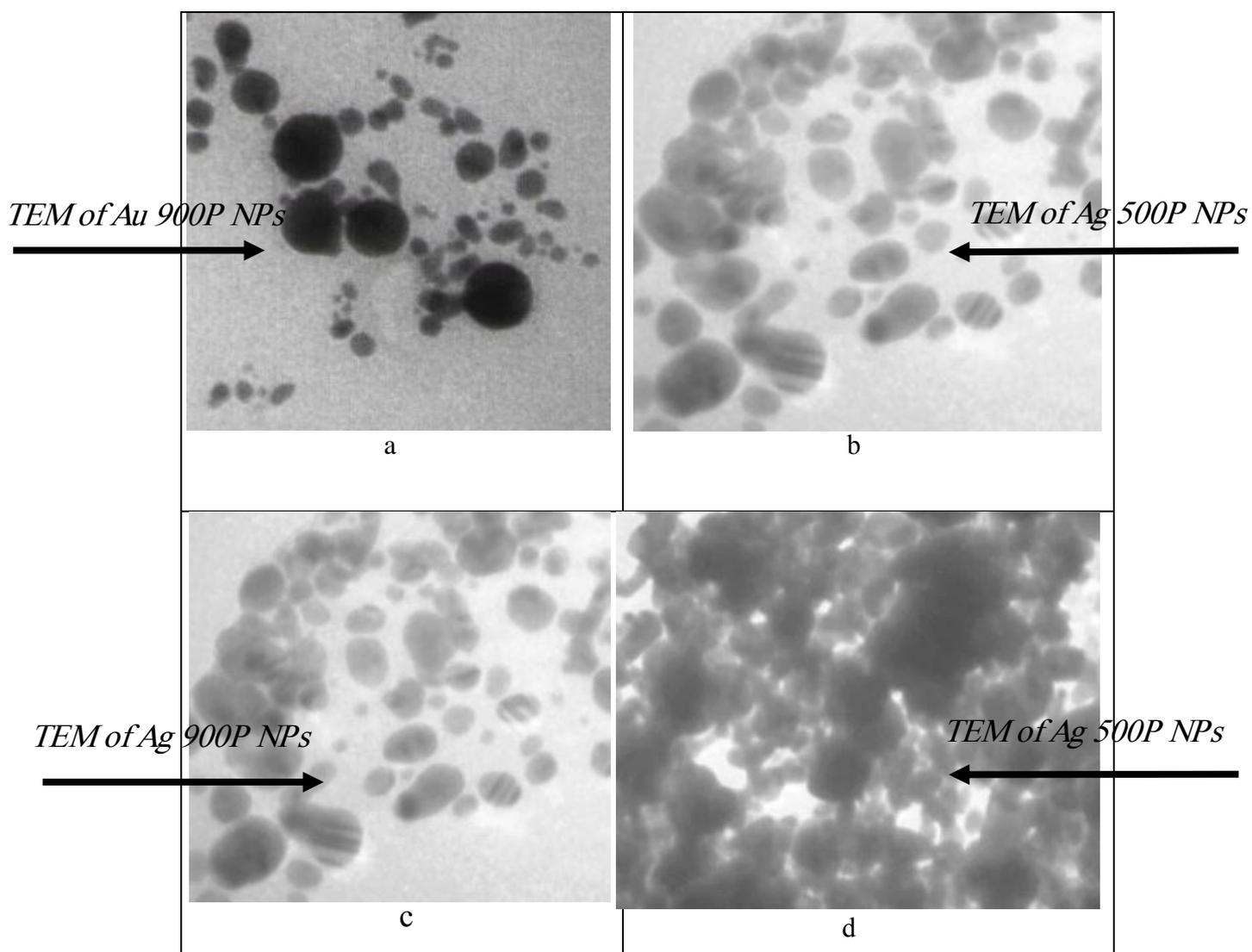


Introduction المقدمة (1-4)

يتضمن هذا الفصل استعراض نتائج ودراسة ظاهرة البلازمون لأوساط سائلة متكونة من مزج ثلاث صبغات مختلفة تغطي مناطق مختلفة من المدى المرئي (Rh6G,MB,MO) ممزوجة بتراكيز مختلفة من الجسيمات النانوية (الذهب والفضة) والمحضرة بطريقة القشط الليزري وبتراكيز مختلفة (500,600,700,800,900 Pluse) وكذلك دراسة هذه الظاهرة لأوساط صلبة باختيار افضل النتائج من الحالة الاوساط السائلة وترسيبها بشكل اغشية رقيقة .

Structure characteristics الخصائص التركيبية (2-4)

في الشكل (1-4) ، صورة TEM للتركيزات المنخفضة والعالية لكل من Au NPs و Ag NPs المحضرة عن طريق الاستئصال في السائل ، لاحظ الشكل (a) عددًا منخفضًا من Au NPs محضر مع 500 P ، عند عدد النبضات زاد عدد الجسيمات النانوية كما هو موضح في الشكل (b) ، أي أن زيادة عدد نبضات الليزر على الهدف يؤدي إلى زيادة الاستئصال من سطح الهدف ، وبالتالي زيادة عدد الجسيمات. المحلول ، نفس السلوك ينطبق على Ag NPs ، حيث ان تركيز الجسيمات النانوية داخل السائل مع 900 P أعلى من ذلك في النبضات المنخفضة ، كما هو موضح في الشكل (c,d) ، على التوالي. اظهرت نتائج (TEM) صور قياس المجهر الالكتروني للنفاذية ووضح توزيع الجسيمات النانوية كما في الشكل (1-4) ، تم استخدام ليزر الاستئصال النبضي السائل للحصول على الجسيمات النانوية بطول موجي (1064nm) وكانت طاقة الاستئصال (500mJ) ، ونستنتج من الشكل عند زيادة تركيز الجسيمات النانوية نحصل على جسيمات نانوية مختلفة الشكل والحجم اي تكون بأشكال واحجام مختلفة .



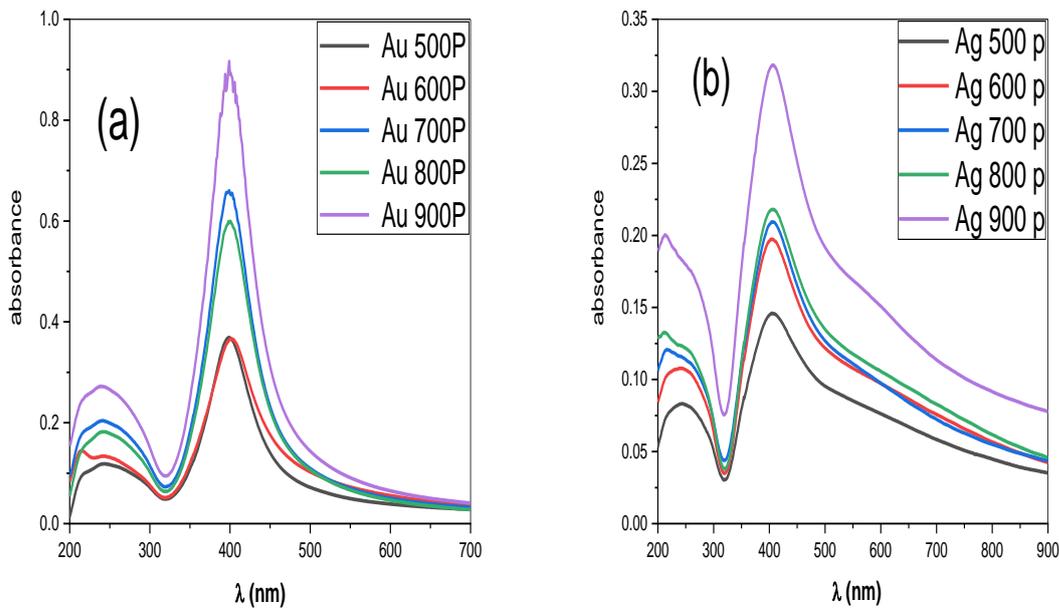
الشكل (1-4) صور TEM للحلول الغروية بتركيزات منخفضة وعالية: Au NPs (a,b) (500,900 P)، (c,d)

Ag NPs (500,900 P) ، على التوالي

(3-4) الخصائص البصرية Optical properties

(1-3-4) طيف الامتصاص لـ Au NPs و Ag NPs

تم قياس أطيف الامتصاص لـ Au NPs و Ag NPs بتركيزات مختلفة المحضرة بواسطة طريقة الاستئصال بالليزر النبضي عندما تم تثبيت الطاقة عند (500mJ) مع تغيير في عدد النبضات (500,600,700,800,900 plus) ، بهدف دراسة تأثير تركيز الجسيمات النانوية على أطيف الامتصاص. كما هو مبين في الشكل (2-4-a) طيف الامتصاص لـ Au NPs بتركيزات مختلفة، و لوحظ ان اطيف الامتصاص ضمن المدى (399nm). وايضاً قل عرض الحزمة بزيادة التركيز من (71nm) الى (66nm) كما موضح في الجدول (1-4). أيضاً في الشكل (2-4- b) تم عرض طيف الامتصاص لـ Ag NPs بتركيزات مختلفة ، ولوحظ ان بزيادة التراكيز تزداد قمة اطيف الامتصاص من (405nm) الى (408nm). وايضاً عرض الحزمة يتراوح بين (66 nm) الى (84nm) كما موضح في الجدول (2-4).



شكل (2-4) أطيف الامتصاص بتراكيز مختلفة للجسيمات النانوية ، Au NPs (a) و Ag NPs (b)

الجدول (1-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية (Au

NPs)

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
Au NPs 500 P	399	71
Au NPs 600 P	402	65
Au NPs 700 P	399	61
Au NPs 800 P	400	55
Au NPs 900 P	399	66

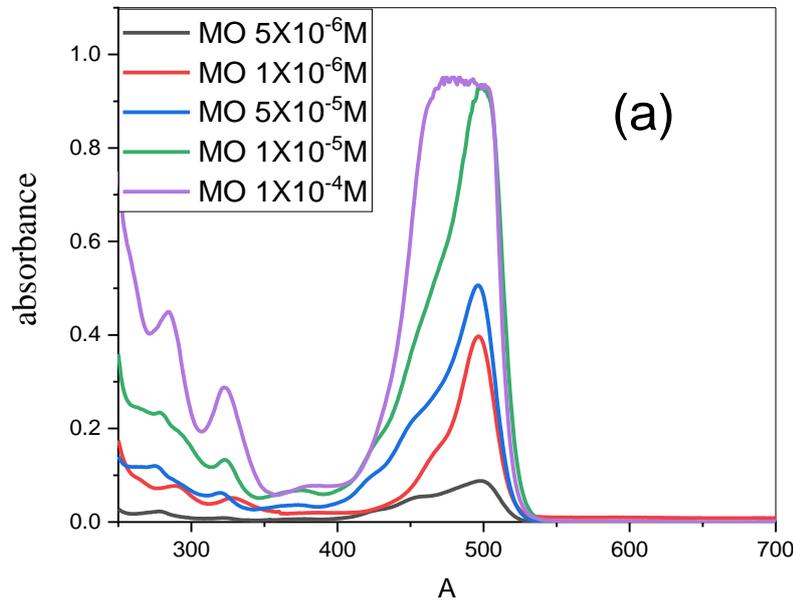
الجدول (2-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية (Ag

NPs)

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
Ag NPs 500 P	405	73
Ag NPs 600 P	407	66
Ag NPs 700 P	408	68
Ag NPs 800 P	405	80
Ag NPs 900 P	408	84

(2-3-4) طيف امتصاص صبغة MO مع وبدون NPs

في الشكل (3-4) ، يظهر طيف الامتصاص لصبغة الميثيلين البرتقالي (MO) بتركيز مختلف دون إضافة الجسيمات النانوية ، ولاحظ أنه عند زيادة تركيز الصبغة ، ستزداد قمة الامتصاص. تمت دراسة أطيف الامتصاص للصبغة بتركيزات مختلفة (1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 5×10^{-5} , and 1×10^{-4} M). تم الحصول على أعلى طيف امتصاص من MO بتركيز (1×10^{-5} M) وإن أطيف الامتصاص لجميع التراكيز تقع ضمن المدى (456nm) الى (438nm). كذلك نلاحظ أيضا أن عرض حزمة الامتصاص تزداد بزيادة التركيز من المدى (63nm) الى (65nm) وبالتالي ، سيتم اعتماد هذا التركيز لبقية الاوساط الفعالة كما موضح في الجدول (3-4).

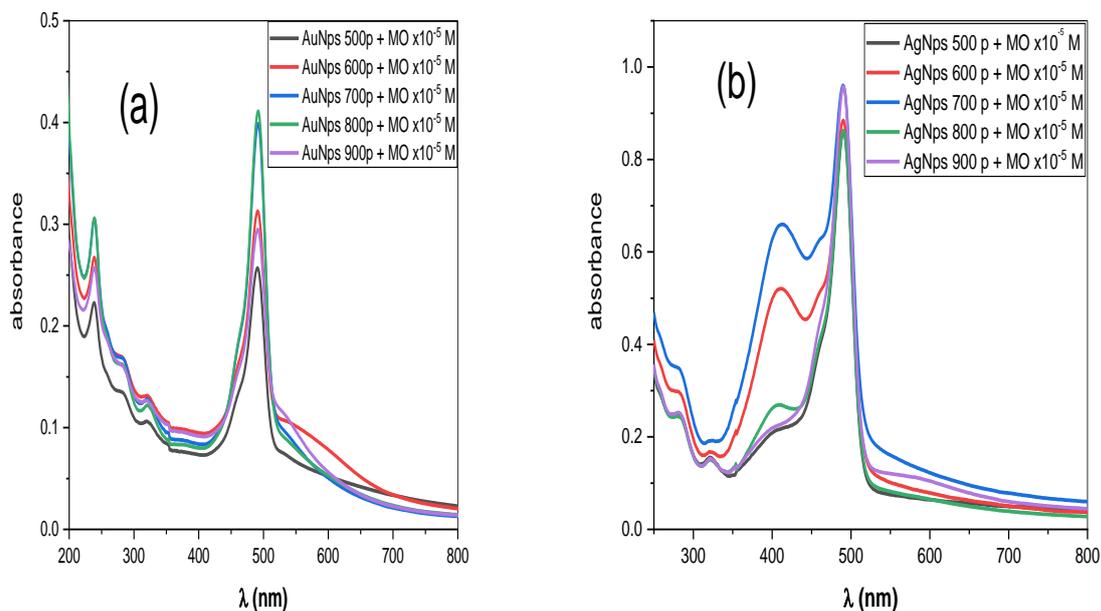


شكل (3-4) طيف الامتصاص لصبغة (MO) بدون جسيمات نانوية

الجدول (3-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) ل dye (MO)

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
(MO $5 * 10^{-6}$ M)	504	63
(MO $1 * 10^{-6}$ M)	498	53
(MO $5 * 10^{-5}$ M)	496	44
(MO $1 * 10^{-5}$ M)	501	62
(MO $1 * 10^{-4}$ M)	506	65

يوضح الشكل (4-4) في (a) طيف الامتصاص لتراكيز مختلفة من Au NPs ممزوجة مع صبغة MO. نلاحظ من الشكل الامتصاصية تزداد بزيادة التراكيز للجسيمات النانوية وان قمة طيف الامتصاص تزدح من (502nm) الى (481nm) عند التركيز (700P) ومن ثم تقل الى (463nm) عند التركيز (900P). وأيضاً سوف يزداد عرض الحزمة بزيادة التراكيز من (60nm) الى (77nm) كما موضح بالجدول (4-4). الشكل (b) يوضح طيف الامتصاص لتراكيز مختلفة من Ag NPs ممزوجة مع صبغة MO. نلاحظ بزيادة التركيز سوف تزدح قمة اطياف الامتصاص من (474nm) الى (486nm) عند التركيز (700P) ومن ثم تقل الى (463nm) عند التركيز (900P). وعند قياس عرض الحزمة من منحنيات أطياف الامتصاص عند منطقة المنتصف لطيف الامتصاصية، نلاحظ ان عرض الحزمة ازداد بزيادة التراكيز من (37nm) الى (51nm) عند التركيز (700P) ومن ثم قل عرض الحزمة الى (38nm) عند التركيز (900P) وذلك بسبب زيادة المادة النانوية بالصبغة ، كما موضح بالجدول (5-4).



شكل (4-4) أطياف الامتصاص للصبغة المذابة في الماء بالجسيمات النانوية ، (a) Ag NPs و (b) Au NPs بتركيز صبغة (MO) ($1 \times 10^{-5} \text{ M}$)

الجدول (4-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع

(MO + Au NPs) dye

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
MO $1 * 10^{-5}$ + Au NPs 500 P	502	60
MO $1 * 10^{-5}$ + Au NPs 600 P	477	72
MO $1 * 10^{-5}$ + Au NPs 700 P	481	67
MO $1 * 10^{-5}$ + Au NPs 800 P	478	75
MO $1 * 10^{-5}$ + Au NPs 900 P	463	77

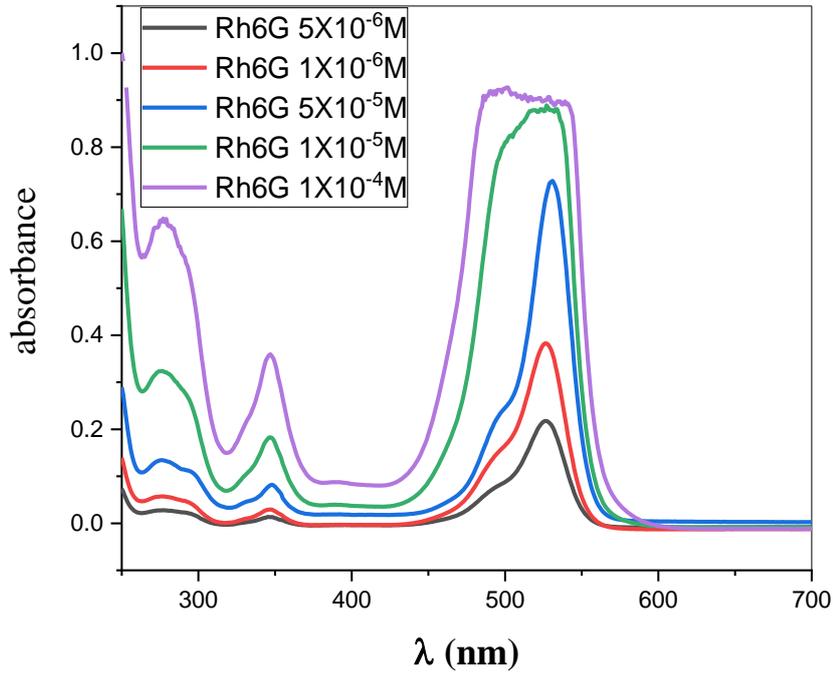
الجدول (4-5) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع

(MO + Ag NPs) dye

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
(MO 1×10^{-5} + Ag NPs 500 P)	474	37
(MO 1×10^{-5} + Ag NPs 600 P)	477	41
(MO 1×10^{-5} + Ag NPs 700 P)	486	50
(MO 1×10^{-5} + Ag NPs 800 P)	483	51
(MO 1×10^{-5} + Ag NPs 900 P)	463	38

(3-3-4) طيف امتصاص صبغة Rh6G مع وبدون NPs

تمت دراسة أطيايف الامتصاص لـ Rh6G بتركيزات مختلفة (1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 5×10^{-5} ,) and 1×10^{-4} M) ويظهر من الشكل (4-5) أنه مع زيادة التركيز ، يزداد طيف الامتصاص بانتظام ، حيث وجد أن اطيايف الامتصاص من (504nm) الى (506nm). بينما عرض الحزمة بين (98nm) الى (108nm) كما موضح في الجدول (4-6). لذلك تم الحصول على أفضل طيف امتصاص لهذه الصبغة بتركيز (1×10^{-5} M) وتم استخدامه كوسط فعال.

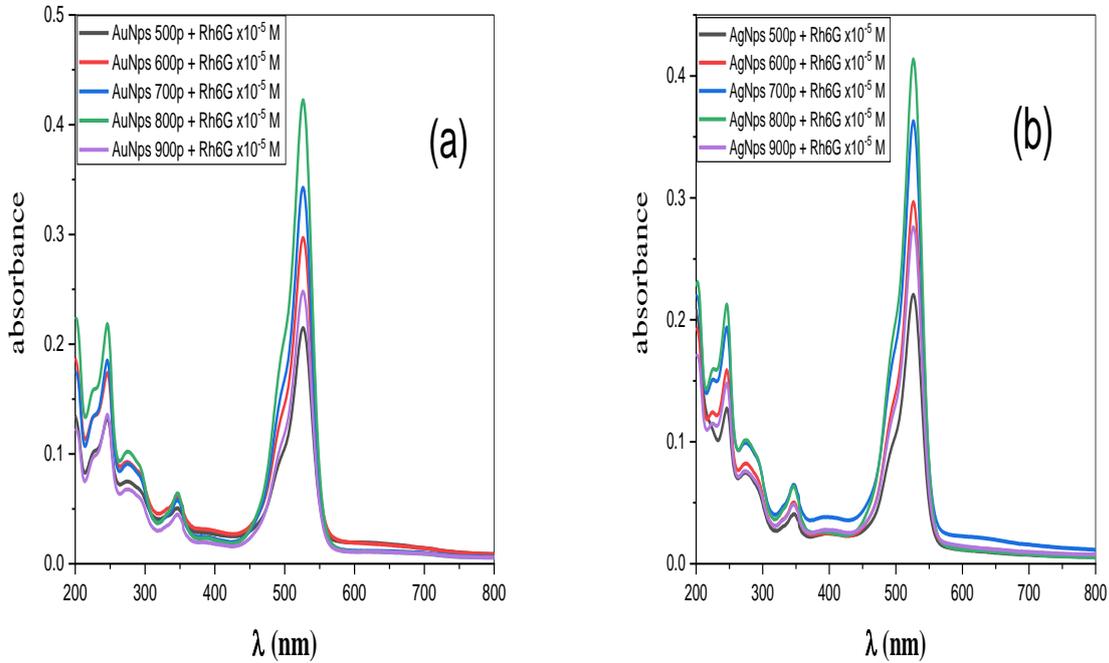


شكل (5-4) طيف الامتصاص لصبغة (Rh6G) بدون جسيمات نانوية

الجدول (6-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) ل dye (Rh6G)

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
(Rh6G $5 \cdot 10^{-6}$ M)	504	98
(Rh6G $1 \cdot 10^{-6}$ M)	498	30
(Rh6G $5 \cdot 10^{-5}$ M)	496	56
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ M)	501	84
(Rh6G $1 \cdot 10^{-4}$ M)	506	108

في الشكل (4-6) (a) يظهر طيف الامتصاص لصبغة (Rh6G) بتركيز (1×10^{-5} M) ممزوجًا بتركيز مختلف من (Au NPs). يُلاحظ أنه عند زيادة تركيز Au NPs داخل الصبغة يزاح موقع قمة طيف الامتصاص من (493nm) الى (490nm) وذلك بسبب زيادة المادة النانوية في الصبغة . بينما عرض الحزمة كلما زاد التركيز ازداد عرض الحزمة من (34nm) الى (41nm) كما موضح في الجدول (4-7). بينما في الشكل (b) يظهر طيف الامتصاص لصبغة (Rh6G) بتركيز (1×10^{-5} M) ممزوجًا بتركيز مختلف من (Ag NPs). فعند زيادة التراكيز يزداد طيف الامتصاص من (525nm) الى (527nm) عند التركيز (700P) ومن ثم يقل طيف الامتصاص الى (526nm) عند التركيز (900P). وايضاً عند قياس عرض الحزمة تبين ان بزيادة التراكيز سيقبل عرض الحزمة من (34nm) الى (15nm) كما موضح في الجدول (4-8).



شكل (4-6) أطياف الامتصاص للصبغة المذابة في الماء بالجسيمات النانوية ، (a) Au NPs و (b) Ag NPs

بتركيز صبغة (Rh6G) (1×10^{-5} M)

الجدول (7-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع

(Rh6G + Au NPs) dye

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Au NPs 500 P)	493	34
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Au NPs 600 P)	490	23
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Au NPs 700 P)	490	29
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Au NPs 800 P)	490	39
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Au NPs 900 P)	490	41

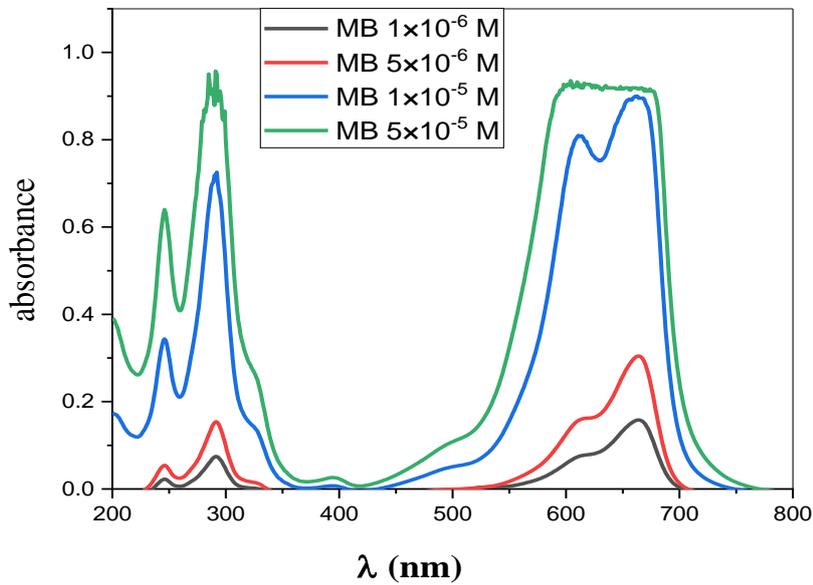
الجدول (8-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع

(Rh6G + Au NPs) dye

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 500 P)	525	34
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 600 P)	526	19
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 700 P)	527	27
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 800 P)	527	33
(Rh6G $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 900 P)	526	15

(4-3-4) طيف الامتصاص لصبغة MB مع وبدون NPs

تم قياس طيف الامتصاص لتراكيز مختلفة من صبغة MB في مذيب الماء (1×10^{-5} M) باستخدام محلل طيفي Vis-UV. في هذه الصبغة يكون طيف الامتصاص ضمن المدى (664 nm). وعند قياس عرض الحزمة بزيادة التراكيز قل عرض الحزمة من (63nm) الى (48nm). وأيضاً تم اختيار أفضل تركيز (1×10^{-5} M) كما هو موضح في الشكل (7-4) والجدول (9-4).



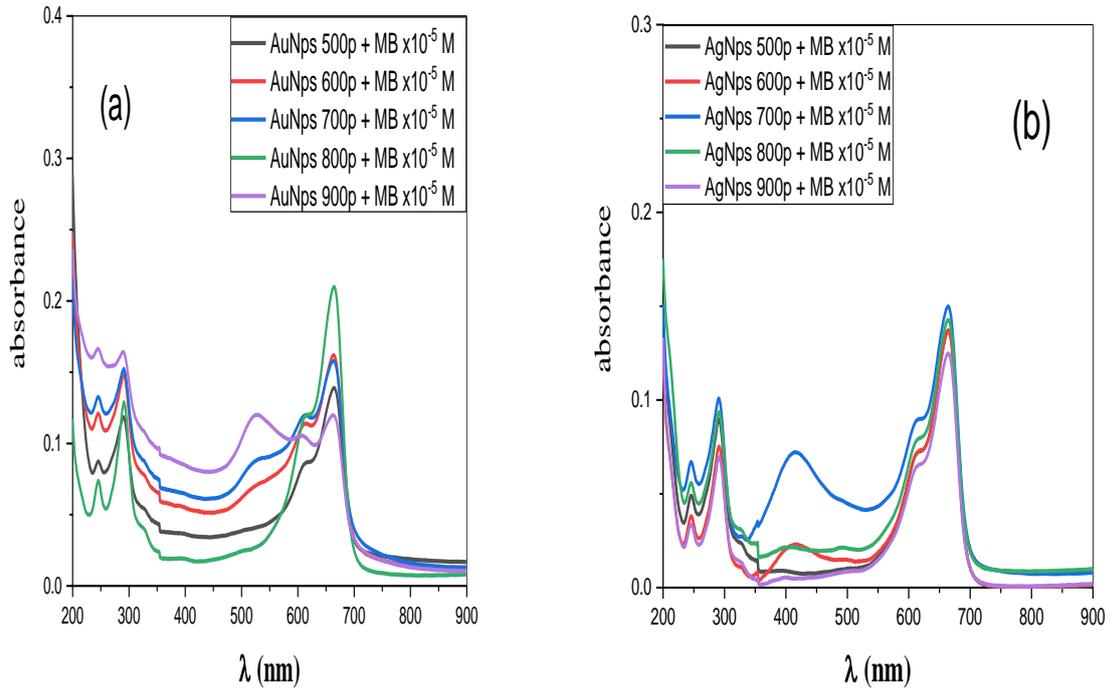
شكل (7-4) طيف الامتصاص لصبغة (MB) بدون جسيمات نانوية

الجدول (9-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) ل dye (MB)

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
(MB 5×10^{-6} M)	664	63
(MB 1×10^{-6} M)	664	52

(MB 5×10^{-5} M)	663	44
(MB 1×10^{-5} M)	664	48

يظهر في الشكل (4-8) طيف الامتصاص لصبغة MB الممزوجة بالجسيمات النانوية Au NPs و Ag NPs بتركيز (1×10^{-5} M). ويلاحظ في الشكل (a) أنه عندما يزداد تركيز الصبغة تزداد اطياف الامتصاص من (665nm) الى (667nm) عند التركيز (800P) ومن ثم ينخفض طيف الامتصاص مع زيادة التركيز الى (665nm) عند التركيز (900P) بسبب زيادة الجسيمات النانوية في الصبغة كما موضح في الجدول (4-10). كذلك نلاحظ أيضاً ان عرض الحزمة تزداد بزيادة التركيز من (40nm) الى (55nm) عند التركيز (800P) ومن ثم تنخفض الى (41nm) عند التركيز (900P) ايضاً بسبب زيادة تركيز الجسيمات النانوية في الصبغة. وفي الشكل (b) تزداد اطياف الامتصاص بزيادة التركيز من (664nm) الى (667nm) عند التركيز (700P) ومن ثم تنخفض اطياف الامتصاص الى (665nm) عند التركيز (900p). وعند حساب عرض الحزمة تزداد بزيادة التركيز من (46nm) الى (55nm) عند التركيز (700P) ومن ثم تنخفض الى (37nm) عند التركيز (900P) ايضاً بسبب زيادة تركيز الجسيمات النانوية في الصبغة، كما موضح في الجدول (4-11).



شكل (8-4) أطيايف الامتصاص للصبغة المذابة في الماء بالجسيمات النانوية ، Au NPs (a) و Ag NPs (b)

بتركيز $(1 \times 10^{-5} \text{ M})$ من صبغة (MB)

الجدول (10-4) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع

(MB + Au NPs) dye

Sample	$\lambda_{\max}(\text{nm})$	$\Delta \lambda(\text{nm})$
(MB 1×10^{-5} + Au NPs 500 P)	665	40
(MB 1×10^{-5} + Au NPs 600 P)	665	50
(MB 1×10^{-5} + Au NPs 700 P)	666	52
(MB 1×10^{-5} + Au NPs 800 P0)	667	55

(MB $1 \cdot 10^{-5}$ + Au NPs 900 P)	665	41
---------------------------------------	-----	----

الجدول (4-11) بعض خصائص طيف الامتصاص (عرض الحزمة ، موقع قمة الامتصاص) للجسيمات النانوية مع

(MB + Ag NPs) dye

Sample	$\lambda_{max}(nm)$	$\Delta \lambda(nm)$
(MB $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 500 P)	664	46
(MB $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 600 P)	665	45
(MB $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 700 P)	667	55
(MB $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 800 P)	664	54
(MB $1 \cdot 10^{-5}$ + Ag NPs 900 P)	665	37

(4-4) دراسة اطياف الفلورة لجسيمات الفضة النانوية (Au NPs ، Ag NPs)

الممزوجة مع صبغة (MO)

تم قياس طيف الفلورة لصبغة المثيلين اورنج الممزوج مع الجسيمات النانوية (Ag NPs ، Au NPs)

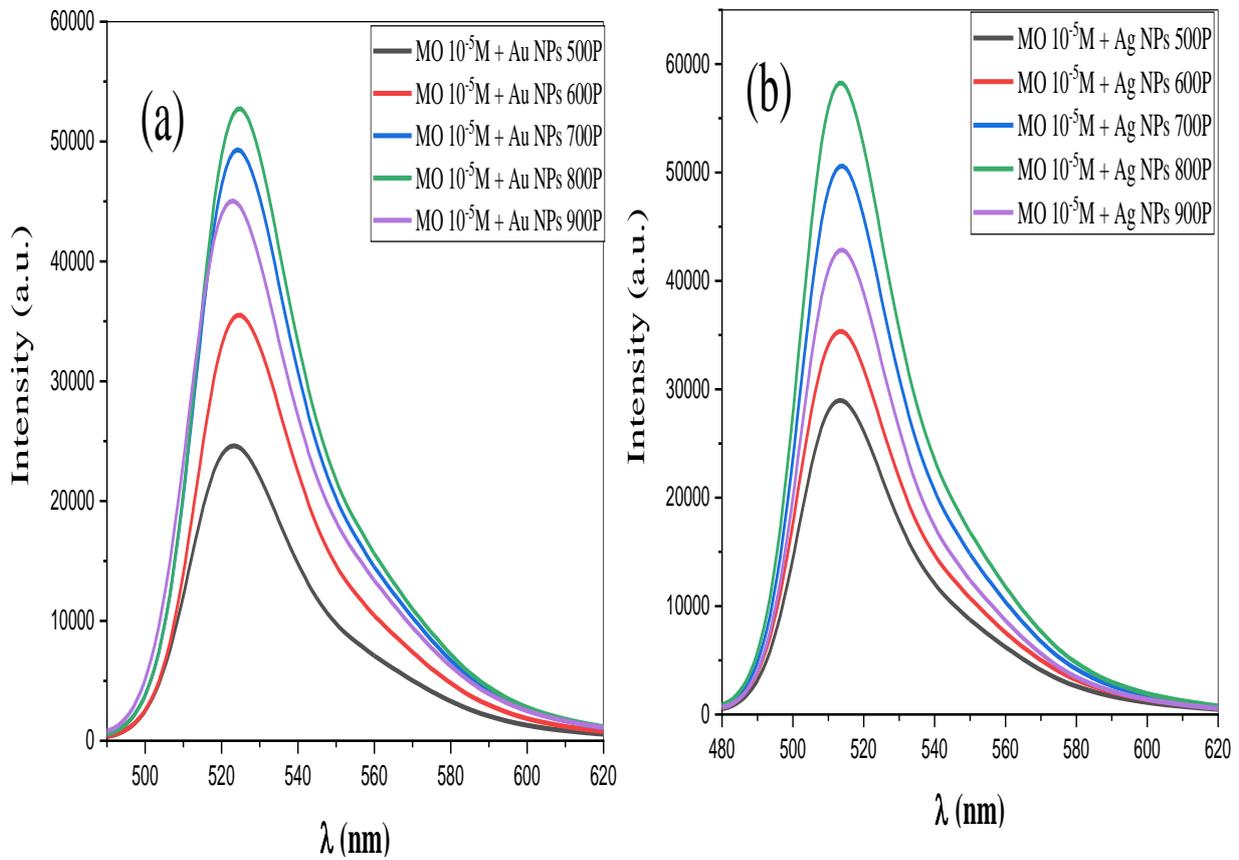
بتركيز (1×10^{-5} M). ويلاحظ أنه عندما يزداد تركيز الصبغة تزداد الشدة . يوضح الشكل (4-9)

اطياف الفلورة حيث ان الشكل (a) أن زيادة تركيز الجسيمات النانوية (Au NPs) الممزوجة بصبغة

(MO) ستزيد من طيف الانبعاث وبالتالي ازدادت الكفاءة الكمية بمقدار من (83.42%) وسيتم ملاحظة

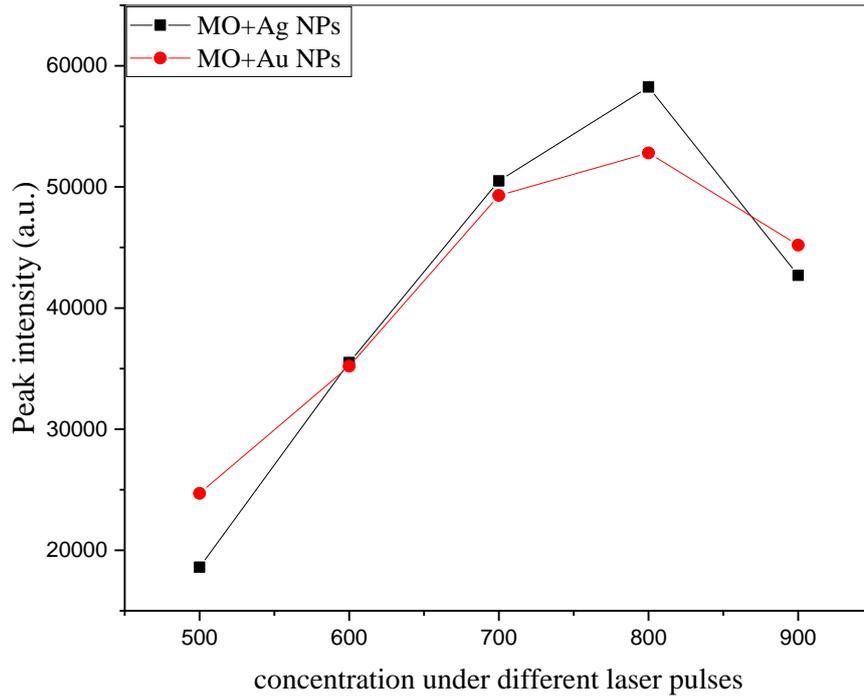
أفضل تركيز ممزوج بصبغة MO عند (Au NPs 800p) وأعلى شدة كانت (52648 a.u.) بطول

موجة (524.514nm). في الشكل (b) وأن أفضل تركيز يظهر أيضاً عند (Ag NPs 800p) وأعلى شدة هي (58176 a.u.) عند الطول الموجي (513.292 nm)، وتصل الشدة إلى حد معين ثم يحدث انخفاض عند التركيز (900p). وايضاً عند قياس الكفاءة الكمية للصبغة تبين ان اعلى ناتج كمي لها كان بمقدار (86.61%). من هذه النتائج، استنتجنا صبغة MO ممزوجة بـ Ag NPs أفضل من تلك الممزوجة بـ Au NPs كما هو موضح في الشكل (4-10).



شكل (9-4) طيف الفلورة لصبغة MO بتركيز (1×10⁻⁵ M) الممزوجة مع الجسيمات نانوية، (a) Au NPs، (b)

Ag NPs



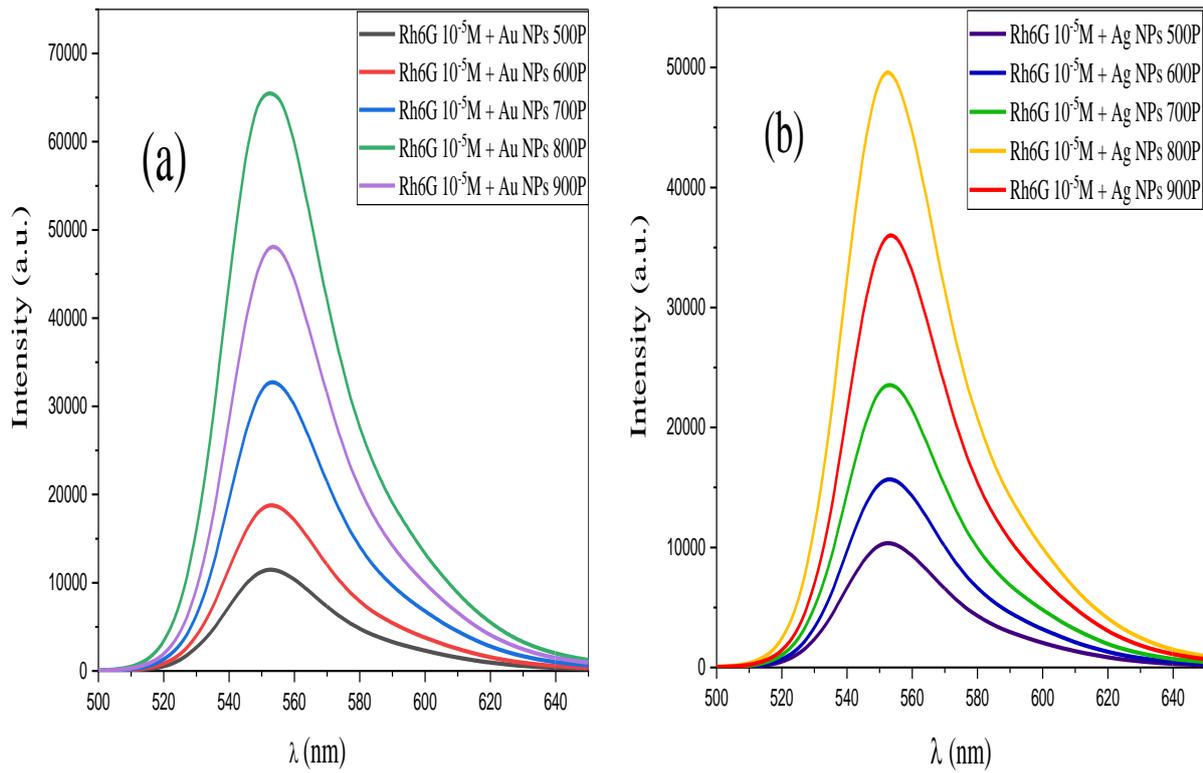
الشكل (4-10) شدة قمة (MO) ممزوجة بـ (Ag NPs ، Au NPs) بتركيزات مختلفة

(4-5) دراسة اطياف الفلورة لجسيمات الفضة النانوية (Au NPs ، Ag NPs)

الممزوجة مع صبغة (Rh6G)

في الشكل (4-11) ، طيف الفلوره لصبغة رودامين (Rh6G) الممزوج مع الجسيمات النانوية (Au NPs ، Ag NPs) بتركيز ($1 \times 10^{-5} M$) . ويلاحظ أنه عندما يزداد تركيز الصبغة تزداد الشدة ويظهر طيف الانبعاث. سيتم دراسة تأثير الجسيمات النانوية على طيف الفلورة لصبغة Rh6G الممزوجة بتركيز مختلف من Au NPs و Ag NPs ، وستزداد شدة طيف الفلورة بشكل واضح عند إضافة Au NPs إلى صبغة Rh6G ، Au NPs مع (800P) أظهر أفضل طيف لقمة الفلورة التي تظهر عند (65428 a.u.) وبالتالي عزز اختيارنا له كأفضل تركيز مناسب للوساطة الفعالة لطيف الفلورة كما هو موضح في الشكل (a)، وايضاً عند قياس الكفاءة الكمية لصبغة (Rh6G) تبين ان اعلى ناتج كمي لها كان بمقدار

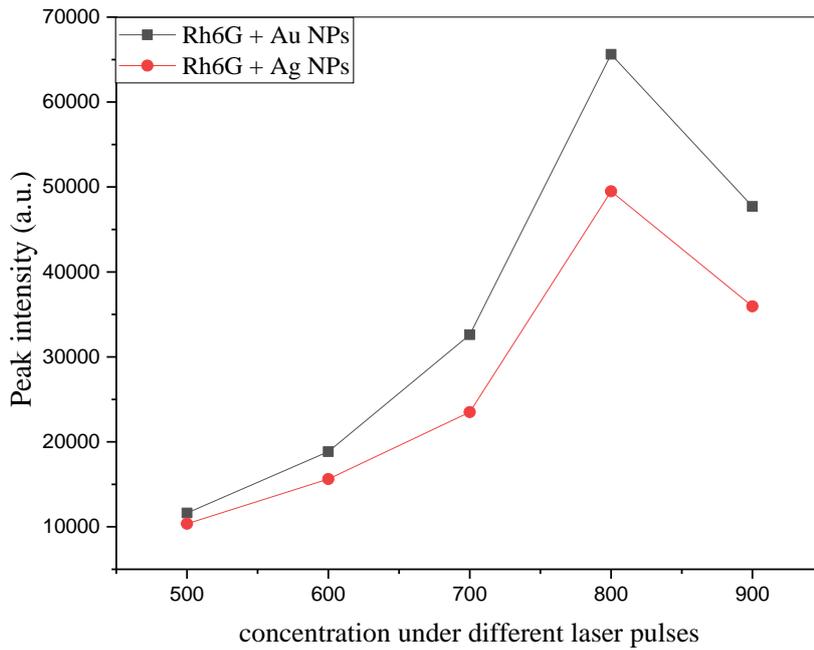
(88.46%) . لكن الحالة تكون معكوسة فيما يتعلق بالتركيز العالي لـ Au NPs (900P) حيث لوحظ انخفاض في كثافة الفلورة مع زيادة تركيز الصبغة كما هو موضح في المنحني البنفسجي ، ويمكن أن يعزى ذلك إلى زيادة تركيز Au NPs داخل الصبغة سلباً على الطيف الانبعاث للصبغة . لوحظ نفس السلوك لـ Ag NPs الممزوج بصبغة Rh6G أن أفضل تركيز كان مع Ag NPs (800P) ، مع ظهور قمة الانبعاث عند (49646 a.u.) ، وسيتم تقليل قمة الفلورة مع تركيز Ag NPs العالي (900P) كما هو موضح في المنحني الأحمر في الشكل (b) وعند قياس الكفاءة الكمية كان الناتج الكمي لها بمقدار (90.46%).



شكل (11-4) طيف مفلورة لـ (Rh6G) بتركيز (1×10^{-5} M) ممزوجاً مع Au NPs (a) ، Ag NPs (b) بتركيز

مختلفة

من الشكل (4-12) لوحظ أن قمة الفلورة (الانبعاث) لـ Au NPs كانت أعلى من تلك الموجودة في Ag NPs ، بسبب طيف الامتصاص لـ Rh6G بالقرب من طيف الامتصاص لـ Au NPs ، لهذا السبب ، تعزز الانبعاث على السطح القريب من Au NPs ، لذلك من الأفضل استخدام Au NPs في وسط الصبغة لتعزيز التشتت وبالتالي الكفاءة بشكل أفضل من Ag NPs .



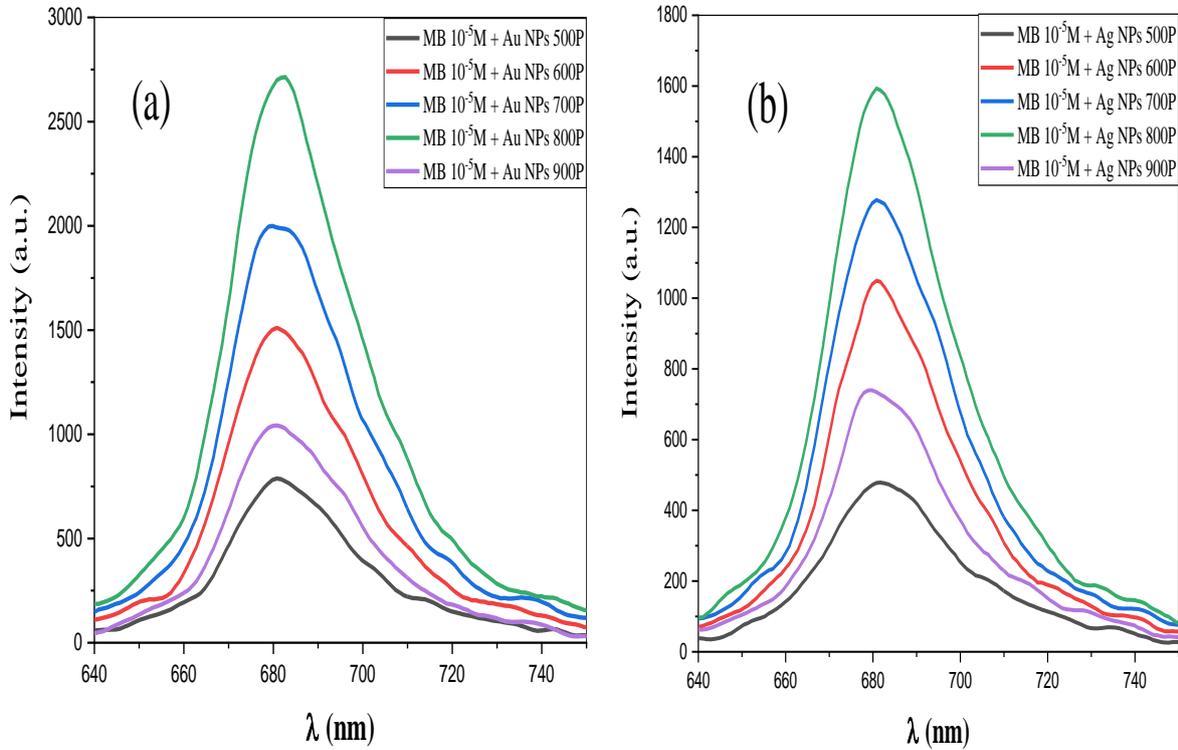
الشكل (4-12) شدة قمة Rh6G ممزوجة مع (Au NPs ، Ag NPs) بتركيز مختلفة

(4-6) دراسة اطياف الفلورة لجسيمات الفضة النانوية (Au NPs ، Ag NPs)

الممزوجة مع صبغة (MB)

يوضح الشكل (4-13) طيف الفلورة لصبغة الميثيلين بلو (MB) الممزوجة بالجسيمات النانوية (Au NPs) بتركيز صبغة ثابت عند ($1 \times 10^{-5} M$). في الشكل (a) تظهر قيمة قمة شدة الفلورة عند (27070 and 15886 a.u.) لـ Au NPs (800P) وفي الشكل وعند قياس الكفاءة الكمية كان الناتج الكمي لها بمقدار (78.29%) (b) تظهر قيمة قمة شدة الفلورة عند (800P) Ag NPs .

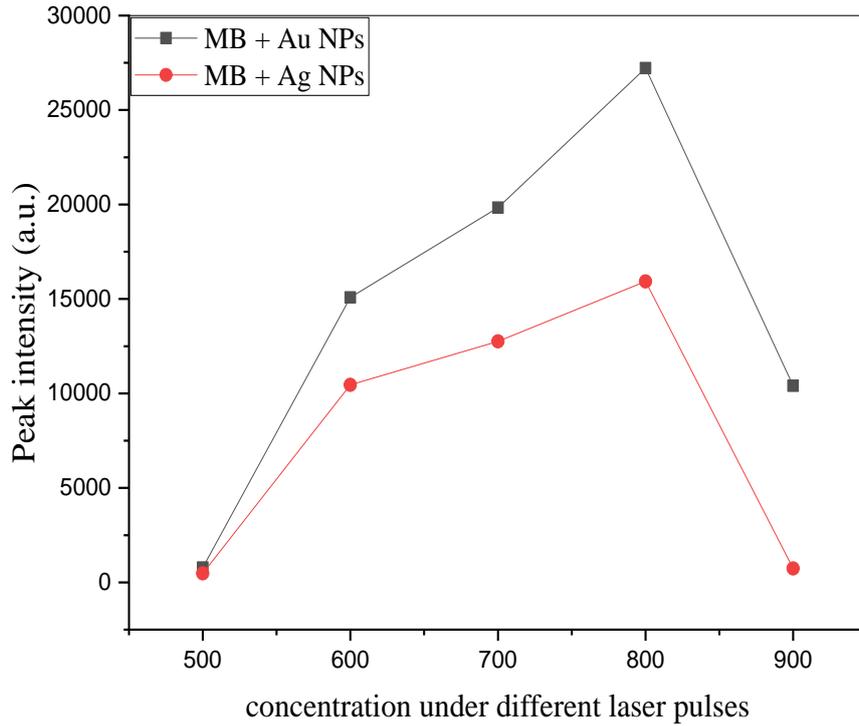
وستتخف هذه القيمة عند إضافة التركيزات الأعلى لكل منهما. وايضاً عند قياس الكفاءة الكمية لصبغة (MB) تبين ان اعلى ناتج كمي لها كان بمقدار (72.22%) .



شكل (13-4) طيف الفلورة (MB) بتركيز ($1 \times 10^{-5} \text{ M}$) ممزوجاً مع (a) Au NPs و (b) Ag NPs بتركيز

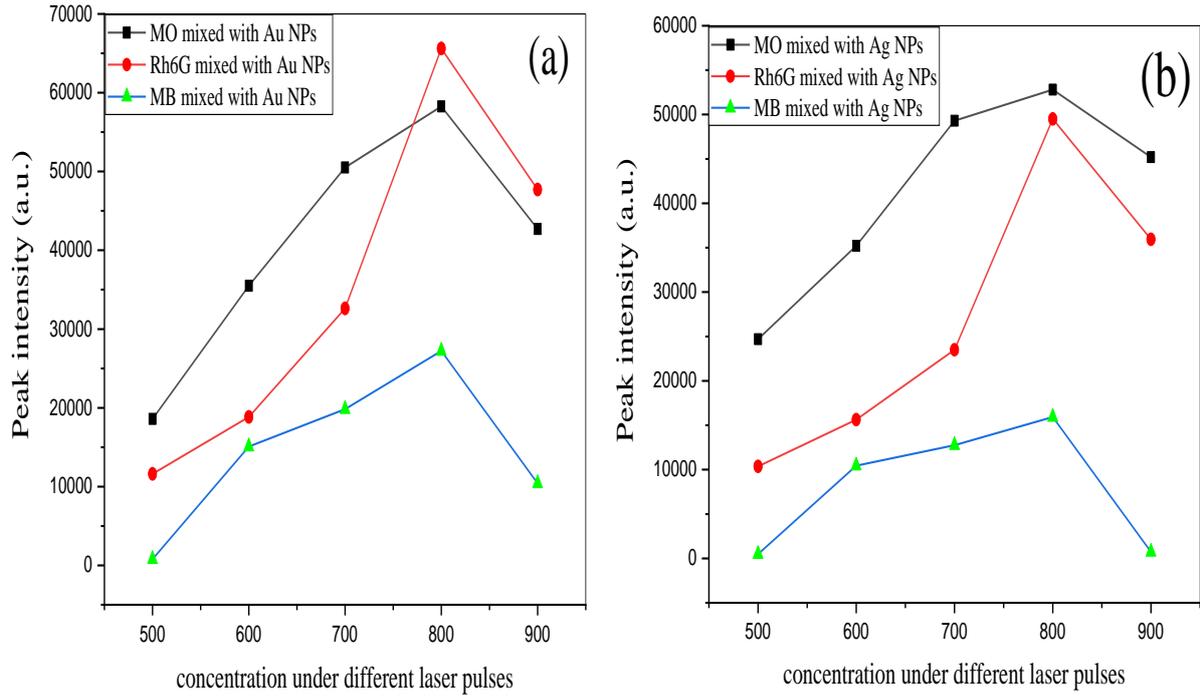
مختلفة

يُلاحظ أن كثافة قمة الانبعاث (الفلورة) لصبغة MB الممزوجة مع Au NPs لها شدة أعلى من تلك الموجودة في Ag NPs ، بسبب قمة امتصاص Ag NPs بعيداً عن امتصاص صبغة MB ، كما هو موضح في الشكل (14-4) .



شكل (4-14) شدة قمة MB ممزوجة مع (Au NPs ، Ag NPs) بتراكيز مختلفة

يوضح الشكل (4-15) مقارنة بين شدة قمة الانبعاث (الفلورة) لثلاث اوساط فعالة تحتوي على نسب مختلفة من Au NPs و Ag NPs . يُظهر وسط صبغة Rh6G الممزوجة بـ Au NPs شدة قمة انبعاث أعلى ، في حين أن الاوساط الباقية لها شدة قمة انبعاث منخفضة و ان اعلى شدة انبعاث لجميع الاوساط كانت عند الاوساط الممزوجة مع المادة النانوية المحضرة باستخدام 800 نبضة.



شكل (4-15) مقارنة شدة القمة لثلاث اوساط فعالة بتركيز مختلفة من (a) Au NPs و (b) Ag NPs

(7-4) الخصائص الخطية للأغشية الرقيقة لكل من صبغة (MO, Rh6G, MB) مع

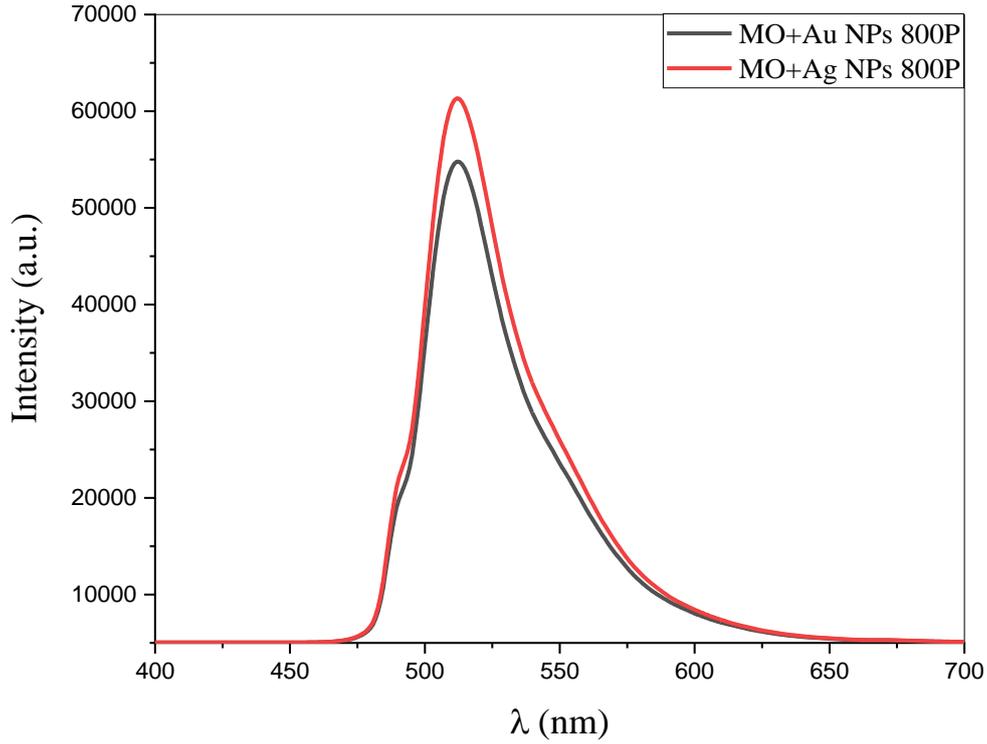
بوليمر PVA والجسيمات النانوية (Au NPs , Ag NPs)

يوضح الشكل (4-16) طيف الفلورة للغشاء الرقيق لصبغة MO المذابة في الماء مع البوليمر PVA

والجسيمات النانوية (Au, Ag) المذابة في الماء بتركيز (800P) وقد وجد ان اعلى شدة للانبعاث عندما

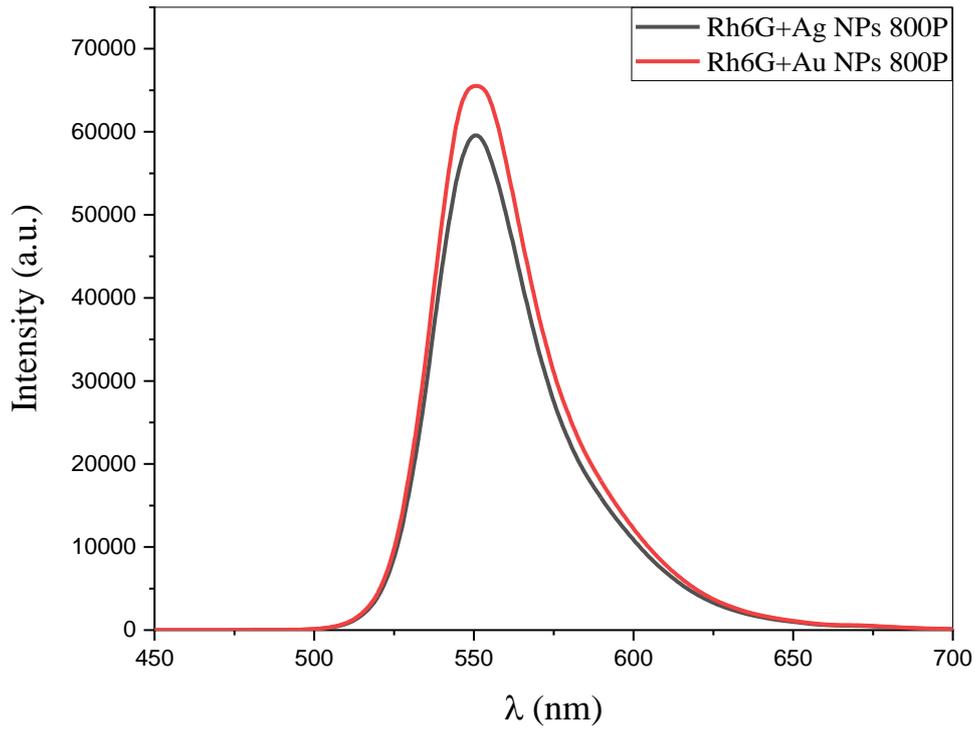
تكون صبغة MO ممزوجة مع البوليمر والجسيمات النانوية (Ag NPs) حيث ان اعلى شدة عند

(61118 a.u.) وعند اعلى طول موجي (512.061nm) .



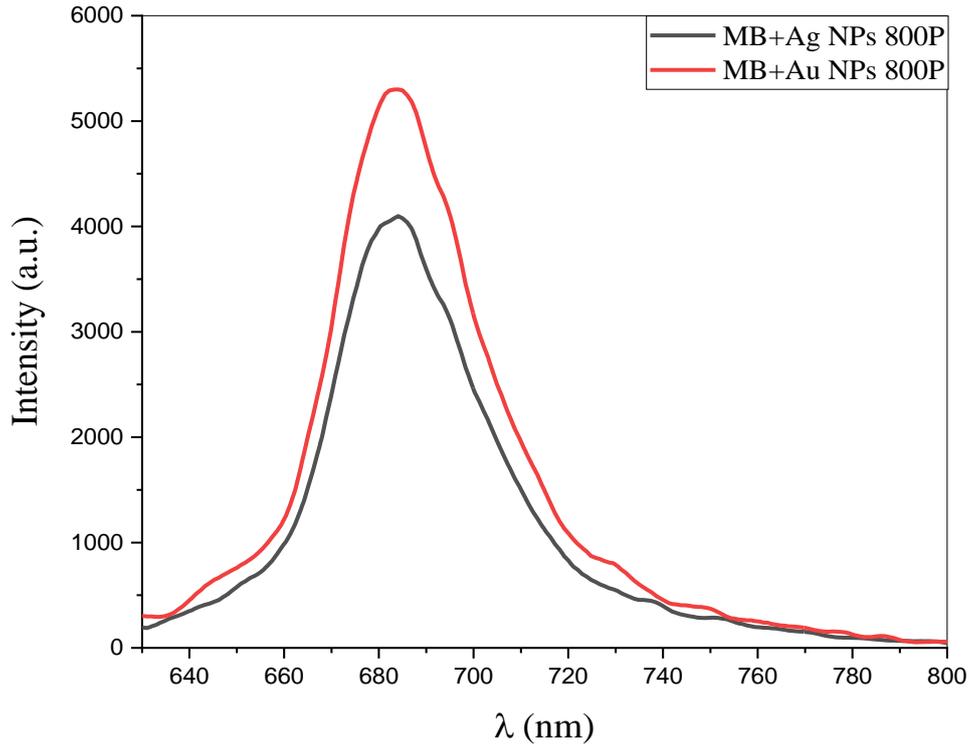
شكل (16-4) الغشاء الرقيق لصبغة الميثيلين اورنج (MO) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Ag NPs ، Au NPs)

اما الشكل (17-4) يوضح طيف الفلورة للغشاء الرقيق لصبغة رودامين 6G الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Au,Ag) المذابة في الماء بتركيز ثابت (800P) وقد وجد ان اعلى شدة للانبعاث عندما كانت الصبغة (Rh6G) ممزوجة مع البوليمر والجسيمات النانوية (Au NPs) حيث كانت اعلى قيمة للشدة عند (65455 a.u.) عند اعلى طول موجي (551.124nm) .



شكل (17-4) الغشاء الرقيق لصبغة رودامين 6G (Rh6G) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Ag NPs ، Au NPs)

وفي الشكل (18-4) وضح طيف الفلورة للغشاء الرقيق لصبغة الميثيلين الازرق (MB) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Au,Ag) المذابة في الماء بتركيز ثابت (800P) ولوحظ ان اعلى شدة للانبعاث عندما كانت الصبغة (MB) ممزوجة مع البوليمر والجسيمات النانوية (Au NPS) حيث كانت اعلى قيمة للشدة عند (5284 a.u.) عند اعلى طول موجي (683.685 nm) .



شكل (4-18) الغشاء الرقيق لصبغة الميثيلين بلو (MB) الممزوجة مع البوليمر PVA والجسيمات النانوية (Ag NPs ، Au NPs)

الاستنتاجات (6-4) Conclusions

- 1- استنتج أن أفضل تركيز من جسيمات الفضة والذهب النانوية مضاف الى الاوساط الفعالة الثلاثة كان عند 800P.

- 2- في صبغة MO وجد تأثير جسيمات الفضة النانوية افضل من جسيمات الذهب وكان ذلك واضحا على شدة الانبعاث.
- 3- في صبغة Rh6G تبين لنا العكس بتأثيرها بجسيمات الذهب النانوية افضل من الفضة وذلك لامتلاك هذه الصبغة امتصاص قريب جدا لطيف امتصاص الذهب حيث كانت شدة طيف الانبعاث.
- 4- في صبغة MB وجد ايضا تأثير جسيمات الذهب النانوي افضل من الفضة لبعده طيف امتصاصه عن امتصاص هذه الصبغة، ظهرت طيف الانبعاث لهذه الصبغة.
- 5- استنتج ان الوسط موجه الموجي بالحالة الصلبة افضل من السائل من حيث طيف الانبعاث وذلك لحدوث اقتران قوس بين الجسيمات النانوية واصبغة.

(7-4) الدراسات المستقبلية Future works

- 1- دراسة تأثير طيف انبعاث للاوساط الفعالة باستخدام ظاهرة رنين البلازمون السطحية في مديات اخرى مثل (الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة تحت الحمراء).
- 2- دراسة ظاهرة البلازمون على طيف الانبعاث باستخدام بوليمرات باعثة للضوء.
- 3- استخدام مواد نانوية مكونة من لب وقشرة ودراسة تأثيره على الاستطارة في الوسط الفعال.
- 4- دراسة ظاهرة بلازمون بلاريتون باستخدام اسلاك نانوية، وكذلك دراسة ظاهرة البلازمون باستخدام اشكال مختلفة من المواد النانوية.

Reference

- [1] Haddawi, S.F., Hammad R. Humud, and S.M. Hamidi. "Signature of plasmonic nanoparticles in multi-wavelength low power random lasing." *Optics & Laser Technology* 121 (2020), 105770. doi:10.1016/j.optlastec.2019.105770.
- [2] Liang, Chia-Ching, Mei-Yi Liao, Wen-Yu Chen, Tsung-Chieh Cheng, Wen-Huei Chang, and Chun-Hung Lin. "Plasmonic metallic nanostructures by direct nanoimprinting of gold nanoparticles." *Optics Express* 19, no. 5 (2011), 4768. doi:10.1364/oe.19.004768.
- [3] He, Guang S., Jing Zhu, Ken-Tye Yong, Alexander Baev, Hong-Xing Cai, Rui Hu, Yiping Cui, Xi-He Zhang, and P. N. Prasad. "Scattering and Absorption Cross-Section Spectral Measurements of Gold Nanorods in Water." *The Journal of Physical Chemistry C* 114, no. 7 (2010), 2853-2860. doi:10.1021/jp907811g.
- [4] Barnes, William L., Alain Dereux, and Thomas W. Ebbesen. "Surface plasmon subwavelength optics." *Nature* 424, no. 6950 (2003), 824-830. doi:10.1038/nature01937.
- [5] Cao, En, Weihua Lin, Mengtao Sun, Wenjie Liang, and Yuzhi Song. "Exciton-plasmon coupling interactions: from principle to applications." *Nanophotonics* 7, no. 1 (2018), 145-167. doi:10.1515/nanoph-2017-0059.
- [6] Haddawi, Saddam F., Hammad R. Humud, Sakineh A. Monfared, and S. M. Hamidi. "Two-dimensional plasmonic multilayer as an efficient tool for low power random lasing applications." *Waves in Random and Complex Media*, 2021, 1-10. doi:10.1080/17455030.2021.1943563.
- [7] Reitz, Michael, Francesca Mineo, and Claudiu Genes. "Energy transfer and correlations in cavity-embedded donor-acceptor configurations." *Scientific Reports* 8, no. 1 (2018). doi:10.1038/s41598-018-27396-z.
- [8] Sundus Abdullah suheil, Performance of wave guide in present of surface Plasmon resonance, Msc.thesis, university of Bableon . 2020.
- [9] H. Han, Y. Fang, Z. Li, and H. Xu, "Tunable surface plasma resonance frequency in Ag core/Au shell nanoparticles system prepared by laser ablation." *Applied Physics Letters* 92, no. 2 (2008), 023116. doi:10.1063/1.2829588.
- [10] G. Baffou, R. Quidant, and C. Girard, "Heat generation in plasmonic nanostructures: Influence of morphology." *Applied Physics Letters* 94, no. 15 (2009), 153109. doi:10.1063/1.3116645.

- [11] P. Shankar and N. K. Viswanathan, "All-optical thermo-plasmonic device." *Applied Optics* 50, no. 31 (2011), 5966. doi:10.1364/ao.50.005966.
- R. S. Moirangthem, Y.-C. Chang, and P.-K. Wei, "Ellipsometry study on [12] gold-nanoparticle-coated gold thin film for biosensing application." *Biomedical Optics Express* 2, no. 9 (2011), 2569. doi:10.1364/boe.2.002569.
- G. Baffou and H. Rigneault, "Femtosecond-pulsed optical heating of gold [13] nanoparticles." *Physical Review B* 84, no. 3 (2011). doi:10.1103/physrevb.84.035415.
- K. R. Berry Jr, A. G. Russell, P. A. Blake, and D. Keith Roper, "Gold [14] nanoparticles reduced *in situ* and dispersed in polymer thin films: optical and thermal properties." *Nanotechnology* 23, no. 37 (2012), 375703. doi:10.1088/0957-4484/23/37/375703.
- J. R. Dunklin, G. T. Forcherio, K. R. Berry, and D. K. Roper, "Asymmetric [15] Reduction of Gold Nanoparticles into Thermoplasmonic Polydimethylsiloxane Thin Films." *ACS Applied Materials & Interfaces* 5, no. 17 (2013), 8457-8466. doi:10.1021/am4018785.
- Q. Li, W. Zhang, D. Zhao, and M. Qiu, "Photothermal Enhancement in Core- [16] Shell Structured Plasmonic Nanoparticles." *Plasmonics* 9, no. 3 (2014), 623-630. doi:10.1007/s11468-014-9673-8.
- Shen, Shun, Sheng Wang, Rui Zheng, Xiaoyan Zhu, Xinguo Jiang, Deliang [17] Fu, and Wuli Yang. "Magnetic nanoparticle clusters for photothermal therapy with near-infrared irradiation." *Biomaterials* 39 (2015), 67-74. doi:10.1016/j.biomaterials.2014.10.064.
- S. J. Norton and T. Vo-Dinh, "Photothermal effects of plasmonic metal [18] nanoparticles in a fluid." *Journal of Applied Physics* 119, no. 8 (2016), 083105. doi:10.1063/1.4942623.
- T. V. Howard, J. R. Dunklin, G. T. Forcherio, and D. K. Roper, [19] "Thermoplasmonic dissipation in gold nanoparticle–polyvinylpyrrolidone thin films." *RSC Advances* 7, no. 89 (2017), 56463-56470. doi:10.1039/c7ra03892e.

- [20] F. Sohrabi and S. M. Hamidi, "Optical detection of brain activity using plasmonic ellipsometry technique." *Sensors and Actuators B: Chemical* 251 (2017), 153-163. doi:10.1016/j.snb.2017.05.037.
- [21] Suheil, S. A., N. S. Shnan, and Qussay Mohammed Salman. "The Plasmon Effects of AgNPs on Wave Guide Consisting of Polymers Mixed with Rhodamine Dyes." *Journal of Physics: Conference Series* 1829, no. 1 (2021), 012007. doi:10.1088/1742-6596/1829/1/012007.
- [22] Muhammed, L. A., and L. H. Abbod. "Plasmonic enhancement of Ag NPs in a different active media." *Journal of Physics: Conference Series* 1999, no. 1 (2021), 012146. doi:10.1088/1742-6596/1999/1/012146.
- [23] S.H. Mohammed and N.S. Shanan, "Imaging of Surface Plasmon Resonance for Nano Material of Different Shapes," *Journal of Physics: Conference Series* 1999, no. 1 (2021): xx, doi:10.1088/1742-6596/1999/1/012149.
- [24] Boardman, A.D., and A.V. Zayats. "Nonlinear Plasmonics." *Modern Plasmonics*, 2014, 329-347. doi:10.1016/b978-0-444-59526-3.00011-2.
- [25] Raether, Heinz. "Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings." *Springer Tracts in Modern Physics*, 1988. doi:10.1007/bfb0048317.
- [26] Myszka, David G. "Survey of the 1998 optical biosensor literature." *Journal of Molecular Recognition* 12, no. 6 (1999), 390-408. doi:10.1002/(sici)1099-1352(199911/12)12:6<390::aid-jmr482>3.0.co;2-8. 016
- [27] Otto, Andreas. "Excitation of nonradiative surface plasma waves in silver by the method of frustrated total reflection." *Zeitschrift für Physik A Hadrons and nuclei* 216, no. 4 (1968), 398-410. doi:10.1007/bf01391532.
- [28] Kretschmann, Erwin. "Die Bestimmung optischer Konstanten von Metallen durch Anregung von Oberflächenplasmaschwingungen." *Zeitschrift für Physik A Hadrons and nuclei* 241, no. 4 (1971), 313-324. doi:10.1007/bf01395428.
- [29] Lee, Byoung-ho, Il-Min Lee, Seyoon Kim, Dong-Ho Oh, and Lambertus Hesselink. "Review on subwavelength confinement of light with plasmonics." *Journal of Modern Optics* 57, no. 16 (2010), 1479-1497. doi:10.1080/09500340.2010.506985.

- [30] Li, Ming, Scott K. Cushing, and Nianqiang Wu. "Plasmon-enhanced optical sensors: a review." *The Analyst* 140, no. 2 (2015), 386-406. doi:10.1039/c4an01079e.
- [31] Unser, Sarah, Ian Bruzas, Jie He, and Laura Sagle. "Localized Surface Plasmon Resonance Biosensing: Current Challenges and Approaches." *Sensors* 15, no. 7 (2015), 15684-15716. doi:10.3390/s150715684.
- [32] Caucheteur, Christophe, Tuan Guo, and Jacques Albert. "Review of plasmonic fiber optic biochemical sensors: improving the limit of detection." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 407, no. 14 (2015), 3883-3897. doi:10.1007/s00216-014-8411-6.
- [33] Jain, Prashant K., Xiaohua Huang, Ivan H. El-Sayed, and Mostafa A. El-Sayed. "Review of Some Interesting Surface Plasmon Resonance-enhanced Properties of Noble Metal Nanoparticles and Their Applications to Biosystems." *Plasmonics* 2, no. 3 (2007), 107-118. doi:10.1007/s11468-007-9031-1. 017
- [34] Dobson, Peter J. "Introduction to Metal-nanoparticle Plasmonics, by Matthew Pelton and Garnett W. Bryant." *Contemporary Physics* 55, no. 4 (2014), 352-353. doi:10.1080/00107514.2014.948921.
- [36] Maier, Stefan A. "Plasmon Waveguides." *Plasmonics: Fundamentals and Applications*, 2007, 109-139. doi:10.1007/0-387-37825-1_7.
- [37] Amendola, Vincenzo, Roberto Pilot, Marco Frasconi, Onofrio M. Maragò, and Maria A. Iatì. "Surface plasmon resonance in gold nanoparticles: a review." *Journal of Physics: Condensed Matter* 29, no. 20 (2017), 203002. doi:10.1088/1361-648x/aa60f3.
- [38] Homola, Jiri. "ChemInform Abstract: Surface Plasmon Resonance Sensors for Detection of Chemical and Biological Species." *ChemInform* 39, no. 18 (2008). doi:10.1002/chin.200818275.
- [39] Ni, Weihai, Xiaoshan Kou, Zhi Yang, and Jianfang Wang. "Tailoring Longitudinal Surface Plasmon Wavelengths, Scattering and Absorption Cross Sections of Gold Nanorods." *ACS Nano* 2, no. 4 (2008), 677-686. doi:10.1021/nn7003603.

- [40] Zhu, Yifu, Daniel J. Gauthier, S. E. Morin, Qilin Wu, H. J. Carmichael, and T. W. Mossberg. "Vacuum Rabi splitting as a feature of linear-dispersion theory: Analysis and experimental observations." *Physical Review Letters* 64, no. 21 (1990), 2499-2502. doi:10.1103/physrevlett.64.2499.
- [41] Gómez, D. E., K. C. Vernon, P. Mulvaney, and T. J. Davis. "Surface Plasmon Mediated Strong Exciton–Photon Coupling in Semiconductor Nanocrystals." *Nano Letters* 10, no. 1 (2009), 274-278. doi:10.1021/nl903455z.
- [42] Brune, M., F. Schmidt-Kaler, A. Maali, J. Dreyer, E. Hagley, J. M. Raimond, and S. Haroche. "Quantum Rabi Oscillation: A Direct Test of Field Quantization in a Cavity." *Physical Review Letters* 76, no. 11 (1996), 1800-1803. doi:10.1103/physrevlett.76.1800.
- [43] Yoshie, T., A. Scherer, J. Hendrickson, G. Khitrova, H. M. Gibbs, G. Rupper, C. Ell, O. B. Shchekin, and D. G. Deppe. "Vacuum Rabi splitting with a single quantum dot in a photonic crystal nanocavity." *Nature* 432, no. 7014 (2004), 200-203. doi:10.1038/nature03119.
- [44] Lidzey, D. G. "Photon-Mediated Hybridization of Frenkel Excitons in Organic Semiconductor Microcavities." *Science* 288, no. 5471 (2000), 1620-1623. doi:10.1126/science.288.5471.1620.
- [45] Tischler, Jonathan R., M. Scott Bradley, Qiang Zhang, Tolga Atay, Arto Nurmikko, and Vlastimir Bulović. "Solid state cavity QED: Strong coupling in organic thin films." *Organic Electronics* 8, no. 2-3 (2007), 94-113. doi:10.1016/j.orgel.2007.01.008.
- [46] Barnes, William L., Alain Dereux, and Thomas W. Ebbesen. "Surface plasmon subwavelength optics." *Nature* 424, no. 6950 (2003), 824-830. doi:10.1038/nature01937.
- [47] Fofang, Nche T., Tae-Ho Park, Oara Neumann, Nikolay A. Mirin, Peter Nordlander, and Naomi J. Halas. "Plexcitonic Nanoparticles: Plasmon–Exciton Coupling in Nanoshell–Aggregate Complexes." *Nano Letters* 8, no. 10 (2008), 3481-3487. doi:10.1021/nl8024278.
- [48] Bonnand, C., J. Bellessa, and J. C. Plenet. "Properties of surface plasmons strongly coupled to excitons in an organic semiconductor near a metallic surface." *Physical Review B* 73, no. 24 (2006). doi:10.1103/physrevb.73.245330.
- [49] Bellessa, J., C. Bonnand, J. C. Plenet, and J. Mugnier. "Strong Coupling between Surface Plasmons and Excitons in an Organic Semiconductor." *Physical Review Letters* 93, no. 3 (2004). doi:10.1103/physrevlett.93.036404.
- [50] Tam, Felicia, Glenn P. Goodrich, Bruce R. Johnson, and Naomi J. Halas. "Plasmonic Enhancement of Molecular Fluorescence." *Nano Letters* 7, no. 2 (2007), 496-501. doi:10.1021/nl062901x. 000

- [51] Schwartz, T., J. A. Hutchison, C. Genet, and T. W. Ebbesen. "Reversible Switching of Ultrastrong Light-Molecule Coupling." *Physical Review Letters* 106, no. 19 (2011). doi:10.1103/physrevlett.106.196405.
- [52] Balci, Sinan, Coskun Kocabas, Simge Ates, Ertugrul Karademir, Omer Salihoglu, and Atilla Aydinli. "Tuning surface plasmon-exciton coupling via thickness dependent plasmon damping." *Physical Review B* 86, no. 23 (2012). doi:10.1103/physrevb.86.235402.
- [53] Schlather, Andrea E., Nicolas Large, Alexander S. Urban, Peter Nordlander, and Naomi J. Halas. "Near-Field Mediated Plexcitonic Coupling and Giant Rabi Splitting in Individual Metallic Dimers." *Nano Letters* 13, no. 7 (2013), 3281-3286. doi:10.1021/nl4014887.
- [54] Vuckovic, J., M. Loncar, and A. Scherer. "Surface plasmon enhanced light-emitting diode." *IEEE Journal of Quantum Electronics* 36, no. 10 (2000), 1131-1144. doi:10.1109/3.880653.
- [55] Hakala, T. K., J. J. Toppari, A. Kuzyk, M. Pettersson, H. Tikkanen, H. Kunttu, and P. Törmä. "Vacuum Rabi Splitting and Strong-Coupling Dynamics for Surface-Plasmon Polaritons and Rhodamine 6G Molecules." *Physical Review Letters* 103, no. 5 (2009). doi:10.1103/physrevlett.103.053602.
- [56] Kano, Hiroshi, and Satoshi Kawata. "Surface-plasmon sensor for absorption-sensitivity enhancement." *Applied Optics* 33, no. 22 (1994), 5166. doi:10.1364/ao.33.005166.
- [57] Braun, Julia, Bruno Gompf, Georg Kobiela, and Martin Dressel. "How Holes Can Obscure the View: Suppressed Transmission through an Ultrathin Metal Film by a Subwavelength Hole Array." *Physical Review Letters* 103, no. 20 (2009). doi:10.1103/physrevlett.103.203901.
- [58] Ikehata, Akifumi, Xiaoling Li, Tamitake Itoh, Yukihiro Ozaki, and Jian-Hui Jiang. "High sensitive detection of near-infrared absorption by 001 surface plasmon resonance." *Applied Physics Letters* 83, no. 11 (2003), 2232-2234. doi:10.1063/1.1610812.
- [59] Adato, Ronen, Alp Artar, Shyamsunder Erramilli, and Hatice Altug. "Engineered Absorption Enhancement and Induced Transparency in Coupled Molecular and Plasmonic Resonator Systems." *Nano Letters* 13, no. 6 (2013), 2584-2591. doi:10.1021/nl400689q.
- [60] Balci, Sinan, Askin Kocabas, Coskun Kocabas, and Atilla Aydinli. "Localization of surface plasmon polaritons in hexagonal arrays of Moiré cavities." *Applied Physics Letters* 98, no. 3 (2011), 031101. doi:10.1063/1.3529469.

- [61] Wurtz, Gregory A., Paul R. Evans, William Hendren, Ronald Atkinson, Wayne Dickson, Robert J. Pollard, Anatoly V. Zayats, William Harrison, and Christopher Bower. "Molecular Plasmonics with Tunable Exciton–Plasmon Coupling Strength in J-Aggregate Hybridized Au Nanorod Assemblies." *Nano Letters* 7, no. 5 (2007), 1297-1303. doi:10.1021/nl070284m.
- [62] Pendry, J. B., and A. MacKinnon. "Calculation of photon dispersion relations." *Physical Review Letters* 69, no. 19 (1992), 2772-2775. doi:10.1103/physrevlett.69.2772.
- [63] Contreras, J.E., E.A. Rodriguez, and J. Taha-Tijerina, "Nanotechnology applications for electrical transformers — A review." *Electric Power Systems Research* 143 (2017), 573-584. doi:10.1016/j.epsr.2016.10.058.
- [64] Krolenko, S., S. Adamyan, T. Belyaeva, and T. Mozhenok. "Acridine orange accumulation in acid organelles of normal and vacuolated frog skeletal muscle fibres." *Cell Biology International* 30, no. 11 (2006), 933-939. doi:10.1016/j.cellbi.2006.06.017.
- [65] Musso, H. "ORCEIN– UND LACKMUSFARBSTOFFE1." *Planta Medica* 8, no. 04 (1960), 432-446. doi:10.1055/s-0028-1101580.
- [66] Costela, A., I. Garcia-Moreno, J. Barroso, and R. Sastre. "Laser performance of Coumarin 540A dye molecules in polymeric host media with different viscosities: From liquid solution to solid polymer 002 matrix." *Journal of Applied Physics* 83, no. 2 (1998), 650-660. doi:10.1063/1.366755.
- [67] Nadia Hussein Sahib , " Spectroscopic Study for Some Organic Dyes " , A Thesis , Al-Mustansiriya University , College of Sciences,(2005).
- [68] Raida Jbur Hamood Al-Hamadani , " Spectroscopy Study and Manufacturing of An Active Polymeric Laser Medium " , A Thesis , University of Baghdad , College of Science for Women, (2006).
- [69] Berube, David, Christopher Cummings, Michael Cacciatore, Dietram Scheufele, and Jason Kalin. "Characteristics and classification of nanoparticles: Expert Delphi survey." *Nanotoxicology* 5, no. 2 (2010), 236-243. doi:10.3109/17435390.2010.521633.

- [70] Tiwari, Jitendra N., Rajanish N. Tiwari, and Kwang S. Kim. "Zero-dimensional, one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional nanostructured materials for advanced electrochemical energy devices." *Progress in Materials Science* 57, no. 4 (2012), 724-803. doi:10.1016/j.pmatsci.2011.08.003.
- [71] Piquemal, Jean-Yves, Emmanuel Briot, and Jean-Marie Bregeault. "ChemInform Abstract: Preparation of Materials in the Presence of Hydrogen Peroxide: From Discrete or —Zero-Dimensionall O jects to Bulk Materials." *ChemInform* 44, no. 9 (2013), no-no. doi:10.1002/chin.201309194. 014
- [72] Yeap, Swee P. "Permanent agglomerates in powdered nanoparticles: Formation and future prospects." *Powder Technology* 323 (2018), 51-59. doi:10.1016/j.powtec.2017.09.042.
- [73] Gu icza, enő. "Defect Structure in Bulk Nanomaterials Processe by Severe Plastic Deformation." *Defect Structure and Properties of Nanomaterials*, 2017, 59-93. doi:10.1016/b978-0-08-101917-7.00003-7.
- [74] Zhang, Haijun, Naoki Toshima, Kanako Takasaki, and Mitsutaka Okumura. "Preparation of Agcore/Aushell bimetallic nanoparticles from physical mixtures of Au clusters and Ag ions under dark conditions and their catalytic activity for aerobic glucose oxidation." *Journal of Alloys and Compounds* 586 (2014), 462-468. doi:10.1016/j.jallcom.2013.10.048.
- [75] Sun, Baoliang, Xiaohong Jiang, Shuxi Dai, and Zuliang Du. "Single-crystal silver nanowires: Preparation and Surface-enhanced Raman Scattering (SERS) property." *Materials Letters* 63, no. 29 (2009), 2570-2573. doi:10.1016/j.matlet.2009.09.006.
- [76] Biener, Jürgen, Arne Wittstock, Theodore Baumann, Jörg Weissmüller, Marcus Bäumer, and Alex Hamza. "Surface Chemistry in Nanoscale Materials." *Materials* 2, no. 4 (2009), 2404-2428. doi:10.3390/ma2042404.
- [77] Kumar, Prashant, Alan Robins, Sotiris Vardoulakis, and Rex Britter. "A review of the characteristics of nanoparticles in the urban atmosphere and the prospects for developing regulatory controls." *Atmospheric Environment* 44, no. 39 (2010), 5035-5052. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.08.016.
- [78] Huang, Xiaohua, Prashant K. Jain, Ivan H. El-Sayed, and Mostafa A. El-Sayed. "Gold nanoparticles: interesting optical properties and recent applications in

- cancer diagnostics and therapy." *Nanomedicine* 2, no. 5 (2007), 681-693. doi:10.2217/17435889.2.5.681. 015
- [79] Alivisatos, Paul. "The use of nanocrystals in biological detection." *Nature Biotechnology* 22, no. 1 (2003), 47-52. doi:10.1038/nbt927.
- [80] Mirkin, Chad A., Robert L. Letsinger, Robert C. Mucic, and James J. Storhoff. "A DNA-based method for rationally assembling nanoparticles into macroscopic materials." *Nature* 382, no. 6592 (1996), 607-609. doi:10.1038/382607a0.
- [81] Resch-Genger, Ute, Markus Grabolle, Sara Cavaliere-Jaricot, Roland Nitschke, and Thomas Nann. "Quantum dots versus organic dyes as fluorescent labels." *Nature Methods* 5, no. 9 (2008), 763-775. doi:10.1038/nmeth.1248.
- [82] Grabolle, Markus, Peter Kapusta, Thomas Nann, Xu Shu, Jan Ziegler, and Ute Resch-Genger. "Fluorescence Lifetime Multiplexing with Nanocrystals and Organic Labels." *Analytical Chemistry* 81, no. 18 (2009), 7807-7813. doi:10.1021/ac900934a.
- [83] Ghosh Chaudhuri, Rajib, and Santanu Paria. "Core/Shell Nanoparticles: Classes, Properties, Synthesis Mechanisms, Characterization, and Applications." *Chemical Reviews* 112, no. 4 (2011), 2373-2433. doi:10.1021/cr100449n.
- [84] Sakuma, Ken, Naoto Hirosaki, and Rong-Jun Xie. "Red-shift of emission wavelength caused by reabsorption mechanism of europium 005 activated Ca--SiAlON ceramic phosphors." *Journal of Luminescence* 126, no. 2 (2007), 843-852. doi:10.1016/j.jlumin.2006.12.006.
- [85] O'Neil, Michael P. "Synchronously pumped visible laser dye with twice the efficiency of Rhodamine 6G." *Optics Letters* 18, no. 1 (1993), 37. doi:10.1364/ol.18.000037.
- [86] Kurian, Achamma, Nibu A. George, Binoy Paul, V. P. Nampoore, and C. P. Vallabhan. "Studies on Fluorescence Efficiency and Photodegradation of Rhodamine 6G Doped PMMA Using a Dual Beam Thermal Lens Technique." *Laser Chemistry* 20, no. 2-4 (2002), 99-110. doi:10.1080/02786270215153.
- [87] Sathy, P., Reji Philip, V. P. Nampoore, and C. P. Vallabhan. "Fluorescence quantum yield of rhodamine 6G using pulsed photoacoustic technique." *Pramana* 34, no. 6 (1990), 585-590. doi:10.1007/bf02846435.

- [88] Beija, Mariana, Carlos A. Afonso, and José M. Martinho. "Synthesis and applications of Rhodamine derivatives as fluorescent probes." *Chemical Society Reviews* 38, no. 8 (2009), 2410. doi:10.1039/b901612k.
- [89] Zhang, Kuibao, Tixian Zeng, Xiulan Tan, Weidong Wu, Yongjian Tang, and Haibin Zhang. "A facile surface-enhanced Raman scattering (SERS) detection of rhodamine 6G and crystal violet using Au nanoparticle substrates." *Applied Surface Science* 347 (2015), 569-573. doi:10.1016/j.apsusc.2015.04.152.
- [90] Svavenec, A., and N. S. Nahman. Active and passive mode locking of continuously operating rhodamine 6G dye lasers. No. COM-74-10674/1; NBSIR-73-347. National Bureau of Standards, Boulder, Colo.(USA), 1974.
- [91] Walter, Johanna-Gabriela, Alina Eilers, Lourdes Alwis, Bernhard Roth, and Kort Bremer. "SPR Biosensor Based on Polymer Multi-Mode Optical Waveguide and Nanoparticle Signal Enhancement." *Sensors* 20, no. 10 (2020), 2889. doi:10.3390/s20102889.
- [92] WIKLUND, LARS, SAMAR BASU, ADRIANA MICLESCU, PER WIKLUND, GUNNAR RONQUIST, and HARI S. SHARMA. "Neuro- and Cardioprotective Effects of Blockade of Nitric Oxide Action by Administration of Methylene Blue." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1122, no. 1 (2007), 231-244. doi:10.1196/annals.1403.016.
- [93] Faber, P., A. Ronald, and B. W. Millar. "Methylthionium chloride: pharmacology and clinical applications with special emphasis on nitric oxide mediated vasodilatory shock during cardiopulmonary bypass." *Anaesthesia* 60, no. 6 (2005), 575-587. doi:10.1111/j.1365-2044.2005.04185.x.
- [94] Gonzalez-Arriagada W.A., Ramos L.M.A., Andrade M.A.C., Lopes M.A. Efficacy of low-level laser therapy as an auxiliary tool for management of acute side effects of head and neck radiotherapy. *J. Cosmet. Laser Ther.* 2017 doi: 10.1080/14764172.2017.1376097.
- [95] Tardivo, João P., Auro Del Giglio, Carla S. De Oliveira, Dino S. Gabrielli, Helena C. Junqueira, Dayane B. Tada, Divinomar Severino, Rozane De Fátima Turchiello, and Mauricio S. Baptista. "Methylene blue in photodynamic therapy: From basic mechanisms to clinical applications." *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 2, no. 3 (2005), 175-191. doi:10.1016/s1572-1000(05)00097-9.
- [96] Pecci, Laura, Gabriella Montefoschi, Antonio Antonucci, Mara Costa, and Dorian Cavallini. "Methylene blue photosensitized oxidation of hypotaurine in the presence of azide generates reactive nitrogen species: formation of nitrotyrosine." *Biochemical and Biophysical Research Communications* 301, no. 2 (2003), 411-416. doi:10.1016/s0006-291x(02)03063-2.

- [97] PubChem (2013). Methylene blue. Pubchem database. National Center for Biotechnology Information. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> [online database].
- [98] Ganapathy Selvam, G., and K. Sivakumar. "Phycosynthesis of silver nanoparticles and photocatalytic degradation of methyl orange dye using silver (Ag) nanoparticles synthesized from *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux." *Applied Nanoscience* 5, no. 5 (2014), 617-622. doi:10.1007/s13204-014-0356-8.
- [99] Guettaï, N., and H. Ait Amar. "Photocatalytic oxidation of methyl orange in presence of titanium dioxide in aqueous suspension. Part I: Parametric study." *Desalination* 185, no. 1-3 (2005), 427-437. doi:10.1016/j.desal.2005.04.048.
- [100] Xia, Hongyan, Tingkuo Chen, Chang Hu, and Kang Xie. "Recent Advances of the Polymer Micro/Nanofiber Fluorescence Waveguide." *Polymers* 10, no. 10 (2018), 1086. doi:10.3390/polym10101086.
- [101] Yahia, I.S., A. Bouzidi, H.Y. Zahran, W. Jilani, S. AlFaify, H. Algarni, and H. Guermazi. "Design of smart optical sensor using polyvinyl alcohol/Fluorescein sodium salt: Laser filters and optical limiting effect." *Journal of Molecular Structure* 1156 (2018), 492-500. doi:10.1016/j.molstruc.2017.12.008.
- [102] Walter, Johanna-Gabriela, Alina Eilers, Lourdes Alwis, Bernhard Roth, and Kort Bremer. "SPR Biosensor Based on Polymer Multi-Mode Optical Waveguide and Nanoparticle Signal Enhancement." *Sensors* 20, no. 10 (2020), 2889. doi:10.3390/s20102889.
- [103] Saleh, Bahaa E., and Malvin C. Teich. "Fundamentals of Photonics." Wiley Series in Pure and Applied Optics, (1991). doi:10.1002/0471213748.

Abstract

In this work, the optical properties, absorption and fluorescence, of solutions of different concentrations were studied in order to prepare thin films wave-guide of efficient performance. The prepared wave-guide consists of three layers, in which the middle layer has a relatively higher refractive index than the other two layers. The middle layer of the guide was fabricated by mixing different concentrations (1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 5×10^{-5} , 1×10^{-4} M) of Methylene Blue (MB), Rhodamine 6G (Rh 6G), and Methyl Orange (OM) with PVA polymer. The plasmonic phenomena in different ranges of the visible region and in liquid and solid active media were studied. The best concentration of the three used dyes was (1×10^{-5} M). It was mixed with different concentrations of two types of plasmonic nanoparticles (Au NPs , Ag NPs) at a ratio of 1:2. The nanoparticles were prepared by pulsed laser ablation method with different number of pulses (500,600,700,800,900 pulses). The laser energy in this work is kept at (500mJ) for all the samples. The shape and the size of the samples were examined by performing Transmission Electron Microscopy (TEM) measurements.

The absorption spectra of the samples were measured by using a UV-VIS spectrometer and the emission spectra were measured by using fluorescence spectrometry. The emission spectra were analyzed for indicating the properties of plasmonic phenomenon. It was found that the best concentration of silver and gold nanoparticles is that prepared with 800 pulses. In MO dye, it was found that the effect of silver nanoparticles is higher than gold particles, and this was evident from the emission intensity. In Rh6G dye, we noticed the opposite, where the effect gold nanoparticles is higher than that of silver. Finally, in MB dye, the effect of gold nanoparticles was also found to be better than silver. The results of solid media, were found to be better than the liquid state in terms of the emission spectra.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Babylon
Dep. of Laser Physics/College of Science for Women



Plasmon–Exciton Coupling in Fluorescent Material in the Visible Region

A Thesis

*Submitted to the Council of College of Science for Women at the University of
Babylon in Partial Fulfillment of the Requirements for the degree of Master
Science in Laser Physics*

By:

Fatima Abd Alhadi Alasadi

(B.Sc., Laser Physics 2018)

Supervised by:

Dr. Nizar Salim Shnan

Dr. Saddam Flayeh Haddawi Al-Gbouri

1444 A.H

2022 A.D

