



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة بابل  
كلية التربية للعلوم الصرفة  
قسم الفيزياء

# دراسة الخصائص الطيفية للصبغة العضوية (Acridine Orange)

بحث مقدم

الى مجلس قسم الفيزياء/ كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة بابل  
كجزء من متطلبات نيل درجة بكالوريوس تربية في علوم الفيزياء

من قبل

**الطالب**

**علي مسلم علوان**

**بإشراف**

**أ. د. طالب محسن عباس الشافعي**

٢٠٢٣ م

١٤٤٤ هـ

## الآية القرآنية

((بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ))

قَالَ الْبَرِّيُّ مِنْذَرٌ مِنْ الْكِتَابِ أَنَا أَنبِئُكَ بِهِ قَبْلَ أَنْ يَرْتَدَّ إِلَيْكَ طَرْفُكَ فَلَمَّا رَأَاهُ  
مُسْتَهْزِئًا مِنْذَرٌ قَالَ هَذَا مِنْ فَضْلِ رَبِّي لِيَتْلُوَنِي الْأَشْهُرُ أَمْ أَكْفُرُ وَمَنْ حَقَرَ فَإِنَّمَا  
يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ وَمَنْ كَفَرَ فَإِنَّ رَبِّيَ غَنِيٌّ كَرِيمٌ [النمل: ٤٠]

( صدق الله العلي العظيم )

## الأمداء

إلى من أفصلها على نفسي، ولم لا؛ فلقد ضحّت من أجلي

ولم تدخر جهدًا في سبيل إسعادي على الدوام

(أمي الحبيبة).

نسير في دروب الحياة، ويبقى من يُسيطر على أذهاننا في كل مسلك نسلكه

صاحب الوجه الطيب، والأفعال الحسنة.

فلم يبخل عليّ طيلة حياته

(والدي العزيز)

إلى أصدقائي، وجميع من وقفوا بجواري وساعدوني بكل ما يملكون، وفي أصعدة

كثيرة

أقدم لكم هذا البحث، وأتمنى أن يحوز على رضاكم

## الشكر والعرفان

في الختام أحمد الله سبحانه وتعالى الذي منّ علينا بنعمة العقل والدين، وهو القائل في محصو التنزيل: "فَاذْكُرُونِي أَذْكُرْكُمْ وَاشْكُرُوا لِي وَلَا تَكْفُرُون"، وقد قال رسول الله صلى الله عليه وسلم: "مَنْ دَخَلَ إِلَيْنَا مَغْرُوبًا فَكَانَ نَوْمُهُ، فَإِنْ لَمْ يَجِدُوا مَا تَكَاثَفُونَهُ فَادْعُوا لَهُ حَتَّى تَرَوْا أَنْتُمْ قَدْ كَفَأْتُمُوهُ"، وأيضاً وفاة وتقديراً واعترافاً مني بالجميل والفضل الجزيل أتقدم بجزيل الشكر للأساتذة الأفاضل المحضين الذين لم يبخلوا علينا بأي جهد في مساعدتنا في مجال البحث العلمي وفي دعمنا للوصول إلى نجاحنا، ولهم مني خالص أياك الشكر وأسمى باقتاب التقدير على هذه الدراسة، وهم أصحاب الفضل في توجيهي ومساعدتي في تجميع المادة البحثية، فجزاهم الله كل خير مني وعن جميع الطلاب، ولا أنسى أن أتقدم بجزيل الشكر للدكتور (طالب محسن الشافعي) الذي قام بتوجيهي طوال فترة الدراسة هذه، وأخيراً أتقدم بجزيل الشكر إلى كل من مدّ لي يد العون والمساعدة في إعداد هذه الدراسة على أحمل وجه، والحمد لله رب

## الخلاصة

## Abstract

في هذا البحث تم دراسة اطياف الامتصاص والفلورة وحساب الكفاءة الكمية وزمن عمر الفلورة وكذلك الخواص البصرية لصبغة الاكردين اورنج المستخدمة وبتراكيز مختلفة , وهي  $(0.5 \times 10^{-3}, 0.5 \times 10^{-4}, 1 \times 10^{-5}, 1 \times 10^{-6})M$  , وبينت النتائج تغير الطول الموجي لجميع الصبغات مع تغير التركيز وحصول زحف نحو الازرق مع زيادته ونقصان كل من معاملي الامتصاص والانكسار في التراكيز العالية , مع ملاحظة زيادة الكفاءة الكمية ونقصان العمر الزمني لمستوي طاقة الفلورة مع نقصان التركيز .

## قائمة المحتويات ( List of Contents )

الصفحة	الموضوع	التسلسل
أ	الاية القرآنية	
ب	الاهداء	
ج	الشكر والاهداء	
د	الخلاصة	
هـ	قائمة المحتويات	
7-1	الفصل الأول - مفاهيم عامة.	
1	المقدمة	1-1
3	الدراسات السابقة	2-1
7	الهدف من البحث	3-1
40-8	الفصل الثاني - الجزء النظري	
10-8	الصبغات الليزرية	1-2
10	الخواص الفيزيائية الضوئية للصبغات	2-2
12-10	مستويات الطاقة للصبغات	1-2-2
13-12	عملية انبعاث الليزر	3-2
15-13	المستويات المثيجة للصبغات الليزرية	4-2
16-15	الانتقالات الطيفية لجزيئات الصبغة	5-2
17-16	الانتقالات للإشعاعية	1-5-2
25-17	الانتقالات الإشعاعية	2-5-2
25	خسائر ليزر الصبغة	6-2
26-25	عملية التحول الداخلي	1-6-2
26	عملية العبور البيني	2-6-2
27-26	امتصاص الضوء في الحالات المثيجة	3-6-2
28 -27	الخواص البصرية الخطية	7-2
29-28	الامتصاصية	1-7-2
29	معامل الامتصاص	2-7-2
30	النفاذية	3-7-2
32-30	معامل الانكسار	4-7-2

32	الانعكاسية	5-7-2
48-40	الفصل الثالث – الجزء العملي	
40	المقدمة	1-3
40	المواد المستخدمة في البحث	2-3
41-40	الصبغات العضوية المستخدمة	1-2-3
44-42	المذيبات المستخدمة	2-2-3
45	تحضير النماذج	3-3
46-45	تحضير المحاليل السائلة للصبغات وبتراكيز مختلفة	1-3-3
47-46	قياس طيف الامتصاص	4-3
48-47	قياس طيف الفلورة	5-3
88-49	الفصل الرابع – النتائج والمناقشة	
49	المقدمة	1-4
49	الخواص البصرية الخطية لصبغة الأكردين اورنج	2-4
55-49	دراسة أطيف الامتصاص و الفلورة لمحلول ( الأكردين اورنج + الأيثانول)	1-2-4
88	الاستنتاجات	7-4
88	الدراسات المستقبلية	8-4
95-89	المصادر	

### قائمة الجداول ( List of Table )

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
44	الصفات الاساسية للمذيبات المستخدمة	1-3
49	الامتصاصية عند الأطوال الموجية العظمى للصبغة الأكردين اورنج المذابة في الايثانول وبتراكيز مختلفة.	1-4
51	الامتصاصية عند الأطوال الموجية العظمى للصبغة الأكردين اورنج المذابة في الايثانول وبتراكيز مختلفة.	2-4
52	معامل الامتصاص ومعامل الانكسار الخطيين مع التراكيز المختلفة من محلول صبغة الأكردين اورنج المذابة في الإيثانول .	3-4
54	شدة الفلوره عند الاطوال الموجية العظمى لصبغة الاكردين اورنج المذابة في الايثانول	4-4
54	العمر الزمني والنتاج الكمي للفلورة وبتراكيز مختلفة من محلول صبغة الأكردين اورنج المذابة في الإيثانول.	5-4

## قائمة الأشكال (List of Figures)

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
12	مخطط مستويات الطاقة لجزيئة الصبغة الليزرية	1-2
15	مستويات الطاقة الإلكترونية في الجزيئة واحتمالات الانتقال	2-2
19	خطوط ستوكس وستوكس المضادة	3-2
20	الازاحة (ازاحة ستوكس) بين طيف الامتصاص وطيف الانبعاث (الفلورة)	4-2
34	مخطط ميكانيكية انتقال الطاقة بين الجزيئات المانحة والقابلة	5-2
36	يوضح مخطط الانتقالات الرنينية للطاقة.	6-2
40	التركيب للجزيئي لصبغة الأكردين اورنج	1-3
41	التركيب للجزيئي لصبغة الأكريفلافين	2-3
41	التركيب للجزيئي لصبغة البوب بوب	3-3
43	التركيب الجزيئي للإيثانول	4-3
44	التركيب الجزيئي للكلوروفورم	5-3
47	يوضح جهاز قياس طيف الامتصاص المستخدم	6-3
48	يوضح جهاز قياس طيف الفلورة المستخدم	7-3
50	طيف الامتصاص في منطقة (UV-VIS) لمحلول صبغة الأكردين اورنج المذابة في الإيثانول وبتراكيز مختلفة.	1-4
51	طيف النفاذية في منطقة (UV-VIS) لمحلول صبغة الأكردين اورنج المذابة في الإيثانول وبتراكيز مختلفة.	2-4
53	طيف الفلورة لصبغة الأكردين اورنج المذابة في الإيثانول وبتراكيز مختلفة.	3-4

# الفصل الأول

**General Introduction مقدمة عامة (1-1)**

إن المركبات الليزرية المذابة في محاليل معينة لها ميزات متعددة بالمقارنة مع المواد الصلبة أو الغازية التي تستخدم كأوساط فعالة في منظومات الليزر. فهي تشابه في تجانسها المواد الغازية حيث إنها أكثر تجانسا من المواد الصلبة ولا توجد تعقيدات في صناعتها لأنها ليست مواد بلورية، وكذلك فهي سهلة التبريد لان تبديد الحرارة المتجمعة غالبا ما يتم خارج حجرة الرنين ولها القابلية على التنعيم (Tuning) أي قابلية اختيار الطول الموجي المطلوب من بين الأطوال الموجية للانبعاث الليزري الذي يحوي على عدد منها. كما إن هذه المواد تحوي تركيزا عاليا يمثل عدد الذرات النشطة في وحدة الحجم مقارنة بالمواد الغازية ولا يصاب الوسط الصبغي الفعال بأي تلف إذا ما عملت المنظومة في ظروف القدرة العالية التي تتطلب زيادة التركيز والضخ، ويعتبر ليزر الصبغة من الأنواع الرخيصة حيث إن كلفة التصنيع قليلة فهي ذات حجم صغير ويعطي أغلبها انبعاثا في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي [1].

ان ليزرات الصبغة (Dye Lasers) هي من أنظمة المستويات الأربعة يتم إثارة وسطها الفعال بواسطة مصباح وميضي أو ليزر آخر، وإن الطاقة الممتصة من قبل جزيئات الصبغة تنشأ التوزيع المعكوس من خلال تهيج الالكترونات إلى مستوى أعلى ويتبع التهيج فقدان بالطاقة الاهتزازية تجعل جزيئات الصبغة تتحرك إلى مستوى اهتزازي أوطأ من المستويات الالكترونية المثيجة. ويحدث الانبعاث الليزري من المستويات الاهتزازية للمستويات الالكترونية الأرضية للصبغة. إن خصائص الضوء المستخدم في التهيج سيحدد خصائص شعاع الليزر المنبعث، ويمكن تشغيل الليزر في انماط الموجة المستمرة أو النبضية، إذا تم استخدام مصباح وميضي لضخ

ليزر الصبغة فسيكون نبض الحزمة مثل نبضة المصباح وإذا تم ضخ الليزر بواسطة ليزر موجة مستمرة فتكون حزمة ليزر الصبغة كذلك مستمرة [2].

نظرا لزيادة تطبيقات ليزر الصبغة في مجال الأطياف والكيمياء الضوئية، نتيجة إمكانية تنعيم الشعاع الخارج منه ولمدى واسع من الأطوال الموجية تمتد من المنطقة فوق البنفسجية ومرورا بالمنطقة المرئية الى المنطقة تحت الحمراء القريبة وذلك باستخدام الصبغات الليزرية كأوساط فعالة لأنها تتميز بسهولة تبريدها وتغير تراكيزها التي تعطي بدورها توليفا في المدى الطيفي للأطوال الموجية لأطياف الامتصاص ولفلورة بالإضافة الى ان محلول الصبغة يأخذ شكل التصميم الذي يقتضيه الوسط الفعال لمنظومة ليزر الصبغة. ومن أهم مميزات ليزر الصبغة ايضا إمكانية الحصول منه على ليزر بزمان نبضة قصيرة جدا بحدود  $s(10^{-15})$  [3], إن ميكانيكية انتقال الطاقة تم استخدامها في دراسات مختلفة ليس لأنها كفوءة في تحسين كفاءة الليزر فحسب بل لأنها تقوم بتوسيع المدى الطيفي له ,ويسمى النظام المستخدم في تلك العملية بالليزر المتولد عند مزج الصبغات (ETDL) [4,5,6].

ان لكل صبغة ليزرية خصائص طيفية مميزة لها عند مدى محدود للأطوال الموجية, فقد تمتلك بعض منها قابلية امتصاص ضعيفة عند الأطوال الموجية لمصدر الضخ والبعض الآخر قابلية امتصاص أكبر عند تلك الأطوال الموجية لذلك يمكن خلطها مع بعضها لانتقال طاقة التهيج من الصبغة التي لها امتصاص أكبر (المانحة للطاقة) الى الصبغة الضعيفة الامتصاص (القابلة للطاقة) اعتمادا على مقدار التداخل (Overlap) الطيفي بينهما وبالتالي يمكن تحسين كفاءة الخرج الليزري للصبغة الضعيفة بجعل ميكانيكية انتقال الطاقة (Energy Transfer Mechanism) بين خليط الصبغات الليزرية عملية كبيرة الاحتمال وكفوءة [7,8,9].

تعتمد كفاءة انتقال الطاقة على فرق الطاقة بين المستويات المثيجة بحيث تزداد كفاءة الانتقال كلما قل فرق الطاقة وقد تنبأ بذلك الباحث Frank عام 1922 أما عمليا فقد تحقق ذلك من قبل الباحثين Frank وCario عام 1923 [10].

### (2-1) الدراسات السابقة Previous studies

لقد تميز ليزر الصبغة عن مثيلاته ( ليزر الحالة الصلبة والغازية ) باستخدامه السائل كوسط فعال. ان عمل ليزر الصبغة يعتمد على الانتقالات المتألقة في الجزيئات الكبيرة , ونتيجة لوجود العدد الهائل من الصبغات صار بالإمكان اختيار المركبات التي تنتج انبعاثاً ليزرياً في أي جزء من مناطق الطيف الكهرومغناطيسي : فوق البنفسجي ( Ultraviolet ) ، والمرئي (Visible) وتحت الحمراء القريبة ( Near-Infrared ) ، ومن الممكن أن ينتج ليزر الصبغة خرجاً ليزرياً منغماً عبر مدى الأطوال الموجية الواقعة ضمن المدى (340-1200) nm مقارنةً بالأنواع الأخرى من الليزرات [11].

لقد كانت المحاولة الأولى من أجل تحسين الوسط الفعال لليزر الصبغة عام 1960 من قبل Peterson and Snavelly [12] و Soffer and McFarland [13] حيث تمكنوا من الحصول على الانبعاث المحفز من الصبغات العضوية التي توجد في المحاليل البوليمرية ، إلا إن النتائج التي تم الحصول عليها لم تكن مشجعة حيث كانت الكفاءة الليزرية قليلة والانحلال الضوئي سريع للصبغة.

وقد قام (مهدي صالح عيدان) في سنة 1993 [14] بدراسة طيفية لصبغات (POPOP- $C_{102}$ ) اثبت حصول زحزحة في أطيايف الامتصاص والفلورة بتغير التركيز للصبغة الواحدة وللصبغات الممزوجة (زيادة في مدى توليف ليزر الصبغة).

قام (صباح ابراهيم ويس البرواري) في سنة 1997 [15] بدراسة طيفية لصبغات ليزيرية وخليطهما(فلورسين-صوديوم ,الرودامين 6G,رودامين B)حيث اثبت ان افضل شرط لعملية انتقال الطاقة بين صبغتين ليزيريتين هي عشر جزيئات مانحة للطاقة لكل جزيئة قابلة للطاقة.

درس (Filip pidis و جماعته) في سنة 1999 [16] العمر الزمني و العرض الطيفي لعدة صبغات (DCM, R101, R6G) وقد وجدوا أن الخصائص الطيفية والزمنية لطيف الفلورة يعتمد على طاقة التهيج وعلى تركيز الصبغة ( ذلك لأنه كلما يزداد تركيز الصبغة يزداد ضيق طيف الانبعاث بسبب زيادة عدد جزيئات الصبغة التي تمنع الفوتونات المثيجة من النفاذ اعمق و بالتالي التفاعل مع عدد أكبر من الجزيئات و كلما يزداد تركيز الصبغة تزداد طاقة التهيج لتتجاوز عتبة الليزر ) .

قام (احسان علي الفهداوي) في سنة 2002 [17] بدراسة اطياف التآلق لصبغتي (الرودامين B والرودامين 6G حيث أثبت ان الشدة والطول الموجي لقيم اطياف الامتصاص للمحاليل السائلة للصبغات تعتمد على زيادة ونقصان التركيز .

قد قام ( G.S.S Saini وجماعته ) في سنة 2004 [18] بدراسة أطياف الامتصاص والفلورة والخواص البصرية الخطية لصبغة (الرودامين 6G) إذ وجد إن الازاحة لقمة أطياف الامتصاص والفلورة هي من نوع (red shift) بزيادة التركيز .

وقد قام Yu Yang وجماعته في سنة 2004 [19] بدراسة ميكانيكية انتقال الطاقة بين الصبغات الليزرية المطعمة ب (ORMOSILs) حيث قام بخلط مجموعة من الصبغات (perylene –orang) او (perylene red) مع صبغتي (C440 و C500) حيث لوحظ التداخل الطيفي الكبير بين طيفي الامتصاص والفلورة عند تراكيز معينة

وجدت (رائده جبر حمود الحمداني) في سنة 2006 [20] من خلال دراستها لأطياف الامتصاص وأطياف الفلورة والنتاج الكمي والعمر الزمني للفلورة للصبغة الليزرية رودامين (6G) في مذيبات مختلفة (الماء المقطر، الايثانول ، الاسيتون) إن طيف الامتصاص والفلورة ينزاح باتجاه الأطوال الموجية الطويلة ( الطاقات الواطئة ) مع زيادة التركيز للمحاليل السائلة لصبغة رودامين (6G) المذابة في مذيبات مختلفة، ويقل النتاج الكمي للفلورة و يزداد عمر الاشعاع.

قام (عدي محسن نايف) في سنة 2008 [21] بدراسة أطياف الامتصاص والفلورة للصبغات الليزرية (الرودامين 101, الكومارين 522) وقد وجد أن زيادة التركيز يؤدي إلى زياد شدة الامتصاص وإزاحة الأطوال الموجية نحو الطاقات الواطئة ( الأطوال الموجية الطويلة ).

قام (رافد عباس علي) في سنة 2009 [22] بدراسة أطياف الامتصاص والفلورة للصبغات الليزرية العضوية الكومارين C<sub>47</sub> وبتراكيز مختلفة MI (10<sup>-4</sup> - 10<sup>-6</sup>) بإذابتها في مذيب التلوين إذ وجد إن نقصان التركيز أدى الى إزاحة قمة طيف الامتصاص والفلورة نحو الاطوال الموجية القصيرة (blue shift) .

قامت (ناهدة حمود عبد الجراح) في سنة 2011 [23] دراسة أطياف الامتصاص و الفلورة لبعض الصبغات العضوية وهي (الرودامين B ، الرودامين 6G ، الفلورسين) في مذيبات مختلفة مثل الايثانول ، الميثانول ، الأسيتون و الماء وفي تراكيز مختلفة MI (10<sup>-2</sup> , 10<sup>-5</sup>) إذ وجد إن الشدة النسبية لطيفي الامتصاص والفلورة تزداد مع زيادة التركيز.

قامت (غزلان سرحان أحمد الدليمي) في سنة 2012 [24] بدراسة الخواص الطيفية لصبغة الكومارين C<sub>2</sub> في مذيب الداى مثيل فرومايد DMF إذ وجدت إنه بزيادة التركيز تزداد شدة النسبية لأطياف الامتصاص والفلورة .

قام (قصي راغب علي) في سنة 2013 [25] بدراسة أطياف الامتصاص والفلورة وحساب العمر الزمني للفلورة لصبغات اليزرية ( الكومارين307، الاكرفلافين ، و الرودامين B ) بعد إذابتها في مذيبات مناسبة ( الايثانول ، الكلوروفورم، الدايمثيل سلفوكسايد DMSO ، البروبانول والسايكلوهكسان) ولمدى واسع من التراكيز MI ( $10^{-3} - 10^{-6}$ ) .

قامت (ورود جابر عبد الزهرة) 2015 [26] بدراسة الخصائص الطيفية الخطية (الامتصاص و النفاذية و الفلورة و معامل الانكسار و معامل الامتصاص) لصبغة الأكردين وبتراكيز مختلفة ، وجد ان قمم الامتصاص والفلورة لهذه الحالات تتراح نحو الأطوال الموجية الحمراء بزيادة التركيز. كذلك لوحظ ان معامل الانكسار الخطي و معامل الامتصاص الخطي يزداد مع زيادة التركيز.

قامت (سارة جواد شوجة ) في سنة 2016 [27] بدراسة الخواص الطيفية والبصرية لصبغة الفينونفثالين حيث اثبتت ازاحة قيم الامتصاص نحو الاطوال الموجية القصيرة عند نقصان التراكيز وكذلك زيادة معاملي الامتصاص والانكسار والعمر الزمني للفلورة بزيادة التركيز والنقصان الحاصل في الناتج الكمي للفلورة بزيادة التركيز

### ( 3-1 ) الهدف من البحث Aim of the work

دراسة اطياف الامتصاص والفلورة لصبغة الاكردين اورنج كوسط ليزري فعال كذلك وحساب بعض الخواص البصرية المهمة (معاملي الامتصاص والانكسار الخطيين) وبعض الخواص الطيفية للفلورة (الكفاءة الكمية وزمن عمر الفلورة).

# الفصل الثاني

**(1-2) الصبغات الليزرية Laser Dyes**

الصبغات الليزرية هي مواد عضوية ذات تركيب معقد نوعاً ما وذات وزن جزيئي كبير وذلك لاحتواء تراكيبها على سلسلة من ذرات الكربون ترتبط بأواصر مفردة أو مزدوجة وبشكل متعاقب. تمتاز اغلب الصبغات بقابليتها على امتصاص الأشعة الكهرومغناطيسية المرئية وبكفاءة عالية ، ونتيجةً لذلك فإنها تبعث أشعة في مدى واسع من الترددات المرئية ولكن بأطوال موجية اكبر من الأطوال التي امتصتها [28] .

تقسم المركبات العضوية إلى: مركبات عضوية مشبعة (Saturated Organic Compounds) ومركبات عضوية غير مشبعة (Unsaturated Organic Compounds). تمتاز المركبات العضوية المشبعة بأنها لا تمتلك أواصر مزدوجة أو ثلاثية وعادةً فإنها تمتص الأطوال الموجية الأقل من 160nm والمقابلة للطاقة الفوتونية 180 kcal/mole. وان هذه الطاقة هي أعلى بكثير من طاقة الربط لمعظم الأواصر الكيميائية ، لذلك فان الانحلال الكيميائي الضوئي (Photochemical Decomposition) من الممكن أن يحدث لمثل تلك المركبات وبالتالي فإنها تكون غير مناسبة تماماً كأوساط فعّالة في الليزر [29] .

أما المركبات العضوية غير المشبعة فإنها تمتاز باحتوائها على أصرة مزدوجة (Double Bond) أو ثلاثية (Triple Bond) واحدة على الأقل وهي تحتوي على أواصر من نوع سيكما ( $\sigma$ ) (The Sigma Bond) وكذلك على أواصر من نوع باي ( $\pi$ ) (The Bai Bond) التي تؤثر على الخصائص الطيفية للمركب وبالتالي فإنها لا تعاني انحلالاً ضوئياً وهي مناسبة كوسط فعال [30].

إن فالصبغة الليزرية: هي مركب هيدروكربوني غير مشبع ، يحتوي على سلسلة متبادلة من ذرات الكربون ، مع أواصر مفردة ومزدوجة متناوبة ، والتي يطلق عليها نظام الكر وموفور ( Chromophore System)[31].

النظام الكر وموفوري ( Chromophoric System ) : هو عبارة عن سلسلة متبادلة من ذرات الكربون بأواصر مفردة ومزدوجة متناوبة ، وللصبغات الليزرية واحد من التراكيب الثلاثة للأنظمة الكروم وفورية ، حيث إن الانتقالات الإلكترونية الناتج عنها الفعل الليزري تحدث ضمن هذه الأنظمة [1].

وتصنف الصبغات الى عدة أصناف هي [32]:

1 - صبغات Polymethine وهذا النوع من الصبغات ينتج إشعاعاً ذا أطوال موجية طويلة ذات لون أحمر أو غير مرئي ضمن الأطوال الموجية فوق الحمراء ضمن المنطقة ذات الطول الموجي (700-1000) nm.

2 - صبغات Xanthene إذ تبث إشعاعاً ضمن المدى المرئي ذا أطوال موجية بحدود (500-700) nm .

3 - صبغات Coumarin إذ تطلق إشعاعاً أزرقاً أو أخضراً ذا أطوال موجية بين (400-500) nm.

4 - صبغات Scintillator إذ تطلق إشعاعاً ضمن مدى فوق البنفسجية ذا أطوال موجية  $\lambda$  (< 400) nm.

إن الصبغات ( Dyes ) التي تستخدم كأوساط فعالة في ليزر الصبغة ( Dye Laser ) يجب أن تتميز بالخصائص الآتية [33]:-

- 1 - أن يتوفر لديها نتاج كمي عالٍ خلال الانتقالات الإشعاعية .
- 2 - يجب أن يكون طيف امتصاص الصبغة متلائماً مع التوزيع الطيفي لمصدر الضخ .
- 3 - أن تمتلك هذه الصبغات مدى تنعيم واسع أي إنها يجب تمتلك حزماً عريضةً لطيف الانبعاث
- 4 - أن هذه الصبغات المستخدمة يجب أن لا تولد المعقدات الجزيئية عند ذوبانها في المذيبات المختلفة أي انها يجب إن تمتلك قابلية ذوبان عالية لعدد كبير من المذيبات.

## 2-2) الخواص الفيزيائية الضوئية للصبغات Photophysical Properties of

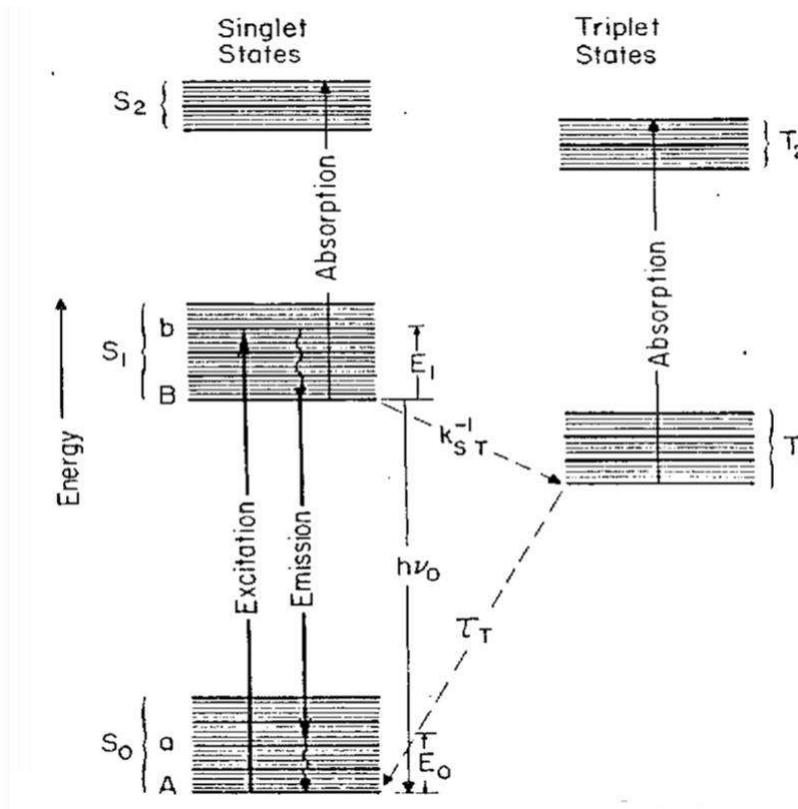
### Dyes

لدراسة الخواص الفيزيائية الضوئية ( الامتصاص والانبعاث ) للصبغات وتفسيرها ووصف العملية الليزرية الإشعاعية وللإشعاعية المنافسة لها لابد أولاً من معرفة وفهم مخطط مستويات الطاقة للصبغات الليزرية.

## 2-2-1) مستويات الطاقة للصبغات Energy Levels of Dyes

يوضح الشكل (1-2) مستويات الطاقة المختلفة للصبغة الليزرية والتي تتميز بنوعين من المستويات ، هي مستويات الطاقة المفردة ( Singlet, S ) والثلاثية ( Triplet, T ). إن البرم المغناطيسي للإلكترون المتهيج في حزمة المستويات المفردة ( S ) لا يوازي برم بقية الإلكترونات وعلى العكس من ذلك في حزمة المستويات الثلاثية ( T ) حيث يكون البرم متوازياً معها. وتتحدد حالة الانتقال بواسطة هاتين الحزمتين ( T ، S ) ويكون البرم الكلي للإلكترون صفراً بالنسبة

لحزمة المستويات المفردة وواحداً بالنسبة لحزمة المستويات الثلاثية. ولهذا السبب فإن الانتقال الإلكتروني بين الحزمة المفردة والثلاثية سوف يتطلب برماً باتجاه معاكس مما يقلل من احتمالية حدوثه بالمقارنة مع الانتقال بين حزمة مفردة وأخرى مفردة أيضاً أو بين حزمتين ثلاثيتين ، كما إن المستويات الثلاثية تقع في طاقة أوطأ قليلاً من المستويات الأحادية المقابلة لها وكما موضح في الشكل (1-2) [28]. وتنقسم المستويات الأحادية والثلاثية إلى مستويات طاقة إلكترونية ( Electronic ) واهتزازية ( Vibrational ) ودورانية ( Rotational ) حيث نجد إن فرق الطاقة بدلالة الطول الموجي بين المستويات الإلكترونية ( المستوي الإلكتروني الأرضي والمتهيج ،  $\Delta E_e$  ) هو بحدود  $30000 \text{ cm}^{-1}$  في حين يصل إلى حدود  $1000 \text{ cm}^{-1}$  بالنسبة للمستويات الاهتزازية ( المستوي الاهتزازي الأرضي والمتهيج ،  $\Delta E_v$  ) أما بالنسبة للمستويات الدورانية ( المستوي الدوراني الأرضي والمتهيج ،  $\Delta E_r$  ) فيكون بحدود  $10 \text{ cm}^{-1}$  [30,34]



الشكل (1-2) مخطط مستويات الطاقة لجزيئة الصبغة الليزرية [30]

## (5-2) الانتقالات الطيفية لجزيئات الصبغة Spectroscopy Transition in

### Dye Molecules

عند سقوط الضوء على الصبغة فإن الضوء اما ان يمر خلال الصبغة دون تفاعل أو ان الصبغة تمتص الضوء كلياً أو جزئياً . وفي الحالة الثانية ان جزيئات الصبغة سوف تتهيج من أدنى مستوى اهتزازي ( $v_0$ ) ضمن المستوي الأرضي ( $S_0$ ) الى إحدى المستويات الاهتزازية ( $V_p$ ) القريبة من الحزمة المتهيج العليا ( $S_p$ ) وتكون احتمالية الانتقال الى المستوي المتهيج الأحادي الأول ( $S_1$ ) أكثر [36]. يلي ذلك عملية استرخاء سريع ضمن الحزمة المتهيجة نفسها وبفترة زمنية قدرها  $10^{12}$

ثانية إلى المستوي الاهتزازي الأدنى بعملية الاسترخاء الاهتزازي (Vibrational Relaxation) وفي هذا المستوي فإن جزيئة الصبغة المثارة يمكن ان تعود الى الحالة الأرضية أما بانتقال مباشر أو غير مباشر [37].

### (1-5-2) الانتقالات الإشعاعية Non-Radiative Transitions

وتمثل الانتقالات غير المصحوبة بانتقال طاقة خلال حدوثها, وبذلك تكون عمليات كبت الفلورة الداخلي لأنها تعود الى طبيعة جزيئة الصبغة وتركيبها وهي تحصل أما عن طريق التحول الداخلي (Internal conversion) أو العبور البيني (Intersystem crossing) ويعطي ثابت التحلل للمعملتين كما في المعادلة [38]:-

$$K_d = k_{ise} + k_{ie} \quad \dots\dots\dots(2-1)$$

حيث  $k_d$  و  $k_{ise}$  و  $k_{ie}$  تمثل ثوابت التحلل لعمليات الكبت الداخلي الكلي والعبور البيني والتحول الداخلي على التوالي .

تعتبر عملية التحول الداخلي انتقالا مباشرا من ( $S_n \rightarrow S_0$ ) وتكون مسموحة حسب قواعد الاختيار لأنها تحدث ضمن المستويات التي تمتلك التعددية نفسها وبفترة زمنية حوالي ( $10^{-11}$ ) ثانية. وتكون لا إشعاعية لأن الجزيئة المثارة العائدة الى المستوي الأرضي عن طريقها تفقد طاقتها كحرارة نتيجة تصادمها مع جزيئات المذيب .وهي تقلل من مقدار الكسب البصري .لأنها تقلل من مقدار التوزيع المعكوس بين المستويين  $S_1$  و  $S_0$  وحسب العلاقة [39] :-

$$g = \Delta N \sigma \quad \dots\dots\dots(2-2)$$

$g$  الكسب البصري ( $cm^{-1}$ )

$\Delta N$  التوزيع المعكوس ( $\text{cm}^{-1}$ )

$\sigma$  مساحة المقطع العرضي للانبعاث المحفز ( $\text{cm}^2$ )

تزداد احتمالية حدوث عملية التحول الداخلي كلما قلت فواصل الطاقة بين المستوي المتهيج والأرضي وبالتالي تقلل من معدل الانبعاث الإشعاعي (الفلورة). لذلك يفضل استخدام الصبغات الليزرية ذات معدلات التحول الداخلي الواطئة كأوساط فعالة وتتعرز كفاءة هذه العملية في الصبغات التي تزداد فيها القابلية التحركية التركيبية (Structure Mobility) في المجاميع الطرفية لها بارتفاع درجات الحرارة وكذلك اهتزاز ذرة الهيدروجين الطرفية فيها Hydrogen Atom Vibration) والتي تعتمد على فرق الطاقة بين المستويين ( $S_1$ ) و( $S_0$ ) [40].

أما عملية العبور البيني فهي غير مسموحة حسب قوانين الميكانيك الكمي لأنها تحدث بين المستويات التي تمتلك تعددية مختلفة وبزمن ( $10^{-3}$ ) ثانية وهي تقلل من التوزيع العكسي وبالتالي تقلل من الكسب البصري حسب المعادلة (2-2) لأنها تزيد من معدل الامتصاص الذاتي ضمن المستويات الثلاثية من خلال تجميعها جزيئات الصبغة المتهيجة الى المستوي الثلاثي [39,41].

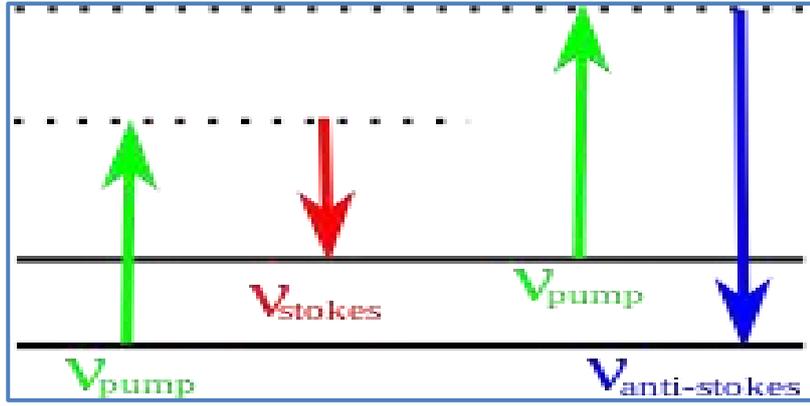
تزداد احتمالية حدوث عملية العبور البيني عند اكمال دوران الإلكترونات حلقة مغلقة خلال اهتزازها لأنها تعمل على زيادة الاقتران البيني- المداري وبالتالي تزيد من الناتج الكمي الثلاثي .

## (2-5-2) الانتقالات الإشعاعية Radiation Transitions

وهي تلك الانتقالات المصحوبة بانبعاث طاقة خلال حصولها حيث أن الجزيئة المثارة بعد وصولها الى أدنى مستوي اهتزازي ضمن المستوي ( $S_1$ ) وحصول خسارة كمية من الطاقة بعملية الاسترخاء الاهتزازي ويكون السبب في خسارة الطاقة هذه هي ان الجزيئة أو الذرة تمتص فوتون، وتدخل

للمستوي المتهيج. فالطريقة الوحيدة للاسترخاء هي بانبعاث الإلكترونات مما يسبب بخسارة الطاقة ( $S_0$ ) بعملية الفلورة والتي تحدث انتقالاً إشعاعياً مباشراً بزمن يتراوح بين ( $10^{-8}$ – $10^{-9}$ ) ثانية وهذه الفترة الزمنية تختلف من عينة إلى أخرى وتعرف بأنها العمر الزمني للفلورة للعينة وبطول موجي أطول من الطول الموجي الذي أحدث الأثر (الامتصاص) (نقصان الطاقة) أي حصول ظاهرة ستوكس (stokes) وفي حالات خاصة يحدث انبعاث طاقة الأطوال الموجية الأقصر أي حدوث ظاهرة ستوكس المضادة (anti-stokes) (زيادة الطاقة).

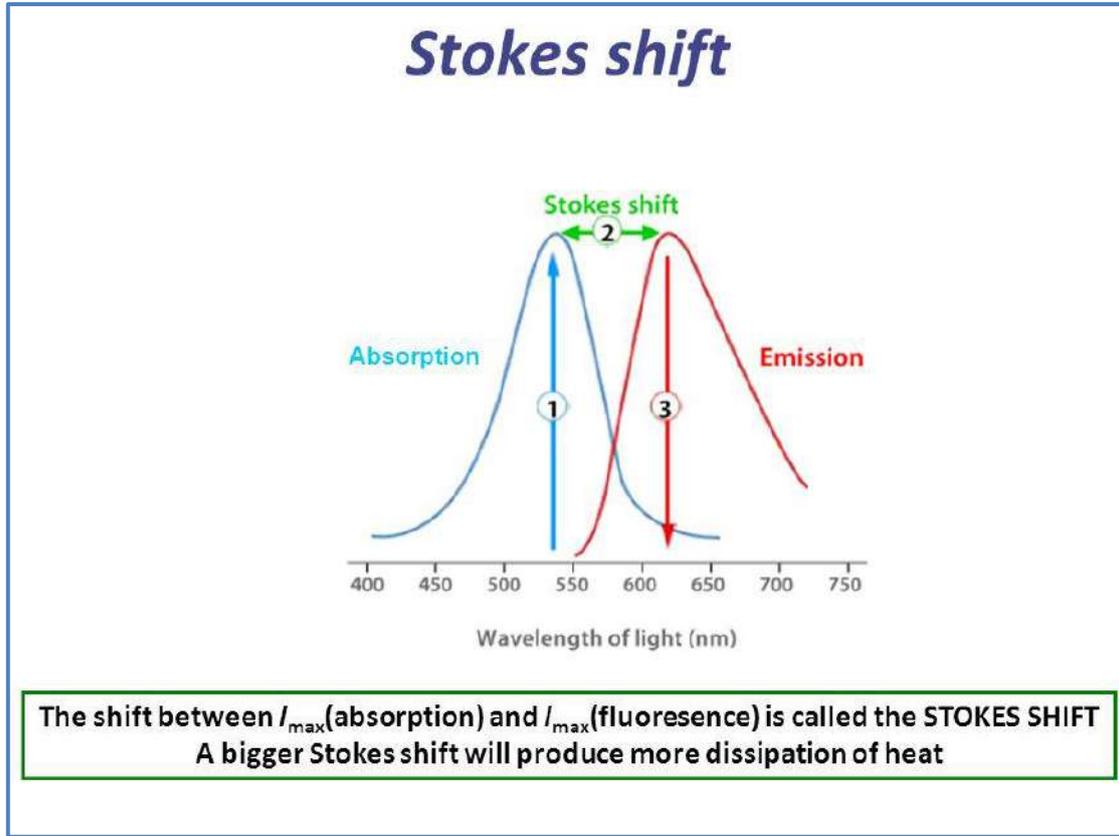
أما خطوط ستوكس التي سميت نسبة إلى جورج غابريل ستوكس وهي اشعاع الجسيمات ذات الطول الموجي المتواجد في خطوط الطيف المرتبطة بالفلورة واستطارة رامان حيث تكون هذه الخطوط ذات طول موجي أطول من الاشعاع المثار المسؤول عن الفلورة أو تأثير رامان [42,43] أما طاقة الشعاع المنبعث ضمن خطوط ستوكس يكون أقل من الشعاع الساقط أما في حالة خطوط ستوكس المضادة تكون طاقة الشعاع المنبعث أكبر من طاقة الشعاع الساقط زيادة ونقصان الطاقة يكون مرتبطاً باهتزاز المستويات الأرضية الإلكترونية للجزيئة لذلك يمكن اعتبار خطوط ستوكس وستوكس المضادة طريقة مباشرة لقياس الطاقة الاهتزازية للجزيئة. الشكل (2-3) يوضح خطوط ستوكس وستوكس المضادة



الشكل (2-3) يوضح خطوط ستوكس وستوكس المضادة

ويمكن تعريف ازاحة ستوكس بأنها الفرق في الطول الموجي او وحدات التردد في موضع الحزمة العظمى لطيفي الامتصاص والانبعث (الفلورة) لنفس الانتقالات الالكترونية وتحدث ازاحة ستوكس نتيجة للاسترخاء التذبذبي او التوهين في اعادة ترتيب المذيب [44,45,46]. شكل (2-4) يوضح

الازاحة (ازاحة ستوكس) بين طيف الامتصاص وطيف الانبعث (الفلورة)



الشكل (2-4) يوضح الازاحة (ازاحة ستوكس) بين طيف الامتصاص وطيف الانبعاث (الفلورة)

يعتمد اختيار الصبغة الموظفة كوسط فعال في ليزر الصبغة على فلورتها حيث يزداد الكسب البصري بزيادة شدة هذه العملية. وتزداد كفاءة عملية الفلورة كلما قلت احتمالية حدوث العمليات الأشعاعية التي تحدث خلال فترة زمنية ( $10^{-13}$ ) ثانية. وهو زمن قصير جدا مقارنة بزمن عمر الفلورة بالإضافة الى امتلاك جزيئة الصبغة تركيبا صلبا (Rigid Structure) وفواصل طاقة واسعة بين المستوى المتهيج والمستوى الأرضي [47]. ويتطابق طيف الفلورة على طيف امتصاص الصبغة عند امتلاك المستوى الأرضي والمتهيج نفس فواصل الطاقة الاهتزازية وعند غياب العمليات الأشعاعية عندئذ يطلق عليها الطيف الرنيني (Resonance Spectrum) حيث يتطابق تردد الفوتون المنبعث على تردد الفوتون الممتص من قبل مصدر الضخ

بعد امتصاص الجزيئة للضوء المنبعث من مصدر خارجي فإنها تنتقل إلى أحد المستويات الاهتزازية للحالة الالكترونية المثيجة ( $S_n$ ) ونتيجة اصطدامها بالجزيئات المجاورة لها ( إذا كان الوسط كثيفاً - Condensed Phase) مما يؤدي إلى فقدانها جزءاً من طاقتها الاهتزازية فتتهبط إلى اوطأ مستوى للحالة الاحادية المثيجة ( $S_1$ ) ومن هذا المستوى تنتقل اشعاعياً إلى أحد المستويات الاهتزازية للحالة الارضية ( $S_0$ ) ، وتحدث هذه العملية بسرعة فائقة وتستغرق أزمنة قصيرة جداً [48] .

وإن زمن الانتقال الإشعاعي من المستوى الاهتزازي الاوطأ للحالة الالكترونية المثيجة ( $S_1$ ) إلى أحد المستويات الاهتزازية للحالة الأرضية ( $S_0$ ) ويعود النظام إلى حالته الأولى بعد انقضاء هذه المدة الزمنية ، يسمى زمن عمر الاشعاع ( $\tau_{FM}$  - radiative lifetime), والذي يعرف على أنه مقلوب احتمالية الانتقال الإشعاعي ( $K_{FM}$ ) بوحدة ( $\text{sec}^{-1}$ ) [49] :

$$\tau_{FM} = \frac{1}{K_{FM}} \dots\dots\dots(2 - 3)$$

إذ ( $K_{FM}$ ) يمثل احتمالية الانتقال الاشعاعي.

وبسبب وجود العمليات غير الإشعاعية المتنافسة مع احتمالية الانتقال الإشعاعي ( $K_{FM}$ ) فإنها سوف تقلل عدد الجزيئات المؤهلة لانبعث الفلورة ، لذلك فإن احتمالية الانتقال الكلية ( $K_F$ ) ستكون عبارة عن مجموع احتمالات الانتقالات المشعة وغير المشعة أي [50,51] :

$$\tau_F = \frac{1}{K_{FM} + \sum K_d} = \frac{1}{K_F} \dots\dots\dots(2 - 4)$$

إذ ( $\sum K_d$ ) يمثل مجموع ثوابت المعدل الزمني (rate constant) للعمليات غير الإشعاعية (Deactivation) لأوطأ مستوى طاقة اهتزازي للحالة الاحادية المثيجة ( $S_1$ ) . أما زمن عمر الفلورة ( $\tau_F$ ) فهو عبارة عن الزمن الفعلي للفلورة والذي يكون مساوياً إلى مقلوب مجموع ثوابت جميع العمليات غير الإشعاعية والإشعاعية التي تسبب فقدان الطاقة للحالة ( $S_1$ ) [52,53] :

$$\tau_F = \frac{1}{K_{FM} + K_{IC} + K_{ISC}} \dots\dots\dots(2-5)$$

وإن زمن عمر الفلورة ( $\tau_F$ ) يمكن إن يمثل زمن العمر الرئيسي لحالة التهيج ، و هناك علاقة تربط شدة الفلورة مع زمن عمر الفلورة ( $\tau_F$ ) وهي [54] :

$$I = I_0 \exp(-t / \tau_F) \dots\dots\dots(2-6)$$

إذ ( $I$ ) تمثل شدة الفلورة عند الزمن ( $t$ )، و ( $I_0$ ) تمثل أعلى شدة تفلور و ( $t$ ) الزمن بعد توقف التهيج مباشرة .

كما يمكن حساب العمر الزمني للفلورة ( $\tau_F$ ) من مركب قياسي معلوم العمر الزمني له وكذلك المساحة تحت المنحني كما في العلاقة الاتية [54]:

$$\tau_F = \frac{a \times \tau_{fRB}}{a_{RB}} \dots\dots\dots (2-7)$$

إذ أن  $\tau_{fRB}$  يمثل العمر الزمني للمركب القياسي وهو الرودامين B وقيمته ns (3.230) عند التركيز  $10^{-4}$  M و  $a_{RB}$  هي المساحة تحت منحنى الفلورة للرودامين B وقيمتها  $117.6 \text{ cm}^{-1}$  تمثل المساحة تحت المنحني للمركب المطلوب في هذا البحث .

و هناك علاقة تربط احتمالية الفلورة و معامل الاخماد المولاري ( $\epsilon(\nu)$ ) و هي [55] :

$$K_{FM} = \frac{1}{\tau_{FM}} = 2.88 \times 10^{-9} n^2 (\nu'^2) \int \epsilon(\nu') d\nu' \dots\dots\dots(2-8)$$

وتسمى هذه العلاقة بعلاقة (Bowen – Wokes) ، وعليه فأن وحدة ( $K_{FM}$ ) هي ( $\text{sec}^{-1}$ ).  
 إن قيمة ( $\tau_{FM}$ ) في المعادلة (2-7) هي للحالة المثالية من الغياب الخامد التام وعندما يكون الناتج الكمي للفلورة ( $\Phi_F$ ) هو وحدة واحدة (Unity)، لذلك فان هذه القيمة نحصل عليها نظرياً من قسمة القيمة التجريبية او الفعلية للفلورة ( $\tau_F$ ) على الناتج الكمي للفلورة ( $\Phi_F$ ) أي إن :

$$\tau_{FM} = \frac{\tau_F}{\phi_F} \dots\dots\dots(2-9)$$

وإن (Quantum Yield - $\Phi_F$ ) يمثل الناتج الكمي للفلورة وهو عبارة عن النسبة بين احتمالية الانتقال الاشعاعي ( $K_{FM}$ ) إلى مجموع عمليات فقدان الطاقة للحالة الاحادية عند ظروف معينة من درجة الحرارة و المحيط [4] ، وهذه القيمة هي ثابت فيزيائي خاص بكل نوع من الجزيئات المثيجة ، أو هو النسبة بين الطاقة الكلية المنبعثة إلى كمية الطاقة الممتصة [50,51,52]:

$$\phi_F = \frac{K_{FM}}{K_{FM} + K_{IC} + K_{ISC}} = \frac{K_{FM}}{K_{FM} + \sum K_d} \dots\dots\dots(2-10)$$

حيث أن :

( $\sum K_d$ ) يمثل مجموع العمليات غير الاشعاعية.

( $K_{IC}$ ) يمثل ثابت معدل التحول الداخلي.

( $K_{ISC}$ ) يمثل ثابت معدل العبور البيني.

وكما قلنا سابقاً عند الغياب التام للخامد أو التفاعلات الكيميائية فإن الناتج الكمي للفلورة ( $\Phi_F$ ) يساوي :

$$\phi_F = K_{FM} \tau_F = \frac{\tau_F}{\tau_{FM}} \dots\dots\dots(2-11)$$

وبالإمكان أيضاً حساب الناتج الكمي للفلورة ( $\Phi_F$ ) من أيجاد النسبة بين مساحة طيف الفلورة إلى مساحة طيف الامتصاص، كما مبين في المعادلة (2-12) [51] :

$$\phi_F = \frac{\int F(\nu') d\nu'}{\int \epsilon(\nu') d\nu'} \dots\dots\dots(2-12)$$

وقد لوحظ إن الناتج الكمي للفلورة لعدة مركبات يعتمد على الطول الموجي المستعمل في التهيج [27] وعلى درجة الحرارة ، إذ يزداد الناتج الكمي للفلورة عندما تقل العمليات غير الإشعاعية وعندما تقل درجة الحرارة أي إن التناسب بينهما عكسي [25].

إن قيم الناتج الكمي للفلورة تتراوح ما بين (0.1 – 1.0) وعليه تكون دائماً قيمة زمن عمر الفلورة ( $\tau_F$ ) أقل بكثير من زمن عمر الاشعاع ( $\tau_{FM}$ ) بسبب العمليات غير الإشعاعية المنافسة لعملية الفلورة كما وإن التركيب الجزيئي المستوي (Planar) والصلد (Rigidity) هو المفضل في الحصول على كفاءة فلورة عالية [56] .

كما أن هنالك انتقالاً اشعاعياً آخر من أوطاً مستوى ثلاثي ( $T_3$ ) الى المستوى الأرضي يطلق عليها بالفسفرة ( Phosphoresonence) وبفترة زمنية أطول من زمن عمر الفلورة بحدود ( $10^{-6}$ ) ثانية [57]. وتعتبر انتقالاً غير مباشراً لأن الجزيئة المثيجة تنتقل من المستوى المثيج الأحادي ( $S_1$ ) الى المستوى الثلاثي ( $T_1$ ) بعملية لا إشعاعية (العبور البيني) ومن ثم تنتقل بعملية الفسفرة الى المستوى الأرضي والتي تعتبر عملية غير مسموح بها طبقاً لقوانين الميكانيك الكمي

تزداد كفاءة عملية الفسفرة بوجود الجزيئات البارامغناطيسية (الأوكسجين) والذرات الثقيلة ( Heavy Atoms) البديلة التي تزيد من معدل العبور البيني بين المستويين ( $S_1$ ) و( $T_1$ ) والاقتران البيني المداري ( Spin-Orbit Coupling) للإلكترونات الجزيئة المثيجة. وتعطي الكفاءة الكمية للفسفرة كما يلي :-

$$\Phi_p = \Phi_{Si} \frac{kp}{kp + \Sigma kj} \dots\dots\dots(2-13)$$

حيث أن :-

$K_p$ : الاحتمالية الجزيئية للفسفرة

$\Phi_m$ : كفاءة العبور البيني بين  $S_1, T_1$

$\Sigma K_I$ : مجموع الثوابت النسبية لعمليات الإخماد للأشعاعية للجزيئة

ان زمن عمر الفسفرة الطويل يؤدي الى تجمع الجزيئات المثيجة ضمن المستوى المثيج الثلاثي ( $T_1$ ) لذلك فأنها تزيد من احتمالية الامتصاص ضمن هذه المستويات ( $T_1 \rightarrow T_2$ ) وهذه عملية غير مناسبة للفعل الليزري على الرغم من أنها تزيد من قيمة التوزيع المعكوس لأنها تقلل من كفاءة الضخ عندما يكون الامتصاص في منطقة الطول الموجي لمصدر الضخ.

## (6-2) خسائر ليزر الصبغة Losses in Dye Laser

إن لصبغات الليزر عامل كسب عالٍ بسبب الزخم الكبير للانتقال بين الحالة المثيجة ( $S_1$ ) والأرضية ( $S_0$ ) ، وكذلك فان الجزيئات المثيجة قد تسترخي في زمن قصير جداً يبلغ بضعة بيكو ثانية إلى أوطاً مستوى اهتزازي للحالة ( $S_1$ ). وان أعلى كفاءه قد تتحقق إذا بقيت الجزيئات في هذا المستوي ( $S_1$ ) لحين بدء عملية الانبعاث الليزري. وفي أدناه شرح مختصر لمجموعة من العوامل التي تؤثر سلباً على الكفاءة.

## (1-6-2) عملية التحول الداخلي Internal Conversion Process

وهو انتقال إلكتروني لا إشعاعي متماثل الطاقة ( Isoenergetic ) بين الحالات الإلكترونية بتعددية متماثلة. والانتقالات المسموحة فيه هي الانتقالات الأحادية - الأحادية ( $S_k \rightarrow S_j$ ) أو الثلاثية - الثلاثية ( $T_k \rightarrow T_j$ ) ويكون ثابت معدل التحول الداخلي ( $K_{IC}$ ) للانتقال ( $S_1 \rightarrow S_j$ ) بحدود  $(10^{12} - 10^{13}) s^{-1}$ ، بينما للانتقال ( $S_0 \rightarrow S_1$ ) يكون بحدود  $(10^8) s^{-1}$  أو اقل مقارنةً مع الحالة الأولى ، بسبب فرق الطاقة الكبير بين الحالتين ( $S_0$ )

،  $S_1$  ) وكما موضح في الشكل (1-2). وان عملية التحول الداخلي لا تمنع التذبذب الليزري لكنها تخفض من كفاءة الليزر ، لذلك تفضل الصبغات الليزرية ذات معدلات التحول الداخلي الواطئة ، إي التي لها كفاءة فلورة عالية [58,59]

### (2-6-2) عملية العبور البيني Intersystem Crossing Process

وهو انتقال إلكتروني لا إشعاعي متماثل الطاقة تسترخي فيه الجزيئة في الحالة المتهيجة  $(S_1)$  إلى المستوى الأوطأ للحالة الثلاثية المتهيجة  $(S_1 \rightarrow T_1)$  بمعدل عبور بيني  $(K_{ISC})$  بحدود  $s^{-1}$   $(10^6 - 10^{11})$  ثم تعود إلى الحالة الأرضية  $(S_0)$  إما بعملية إشعاعية  $(S_0 \rightarrow T_1)$  تسمى الفسفرة ( Phosphorescence ) ، أو بعملية لا إشعاعية  $(S_0 \rightarrow T_1)$  وهي عبور بيني عكسي ( Reverse Intersystem Crossing ) ويكون ثابت معدل العبور البيني لهذه العملية  $(K_{ISC}^T)$  بحدود  $s^{-1}$   $(10^{-2} - 10^4)$  [58,59].

### 3-6-2 امتصاص الضوء في الحالات المتهيجة $S_1$ و $T_1$

#### Light Absorption in Excited States $S_1$ and $T_1$

بعد الاسترخاء السريع للجزيئات المتهيجة إلى أوطأ مستويات الحالة المتهيجة  $(S_1)$  ، ولان  $(T_1)$  يقع أسفل  $(S_1)$  بقليل فأن انتقالا تلقائيا يحدث من الأعلى إلى الأسفل ولكن قواعد ميكانيك الكم تمنع حصول انتقال كهذا لأنه يتطلب برما مغناطيسيا معاكسا. وعلى الرغم من ذلك فأنه يحصل لان هذه المستويات ليست مفردة أو ثلاثية بصورة مطلقة. في الحقيقة إن هذه القواعد فيها نوع من المرونة تجعل من هذا الانتقال أمرا ممكنا ولو باحتمالية صغيرة. ولكون الانتقال  $(T_1 \rightarrow S_0)$  هو الآخر غير مسموح به فأن الجزيئات سوف تتجمع في المستوى  $(T_1)$  ومنه إلى المستوى  $(T_2)$

بعد امتصاص الطاقة المطلوبة. ولقد وجد بأن طاقة الامتصاص هذه تساوي الطاقة التي تنبعث بالحث كأشعة ليزر ، ولهذا فإن إي تجمع للجزيئات في ( $T_1$ ) سيؤدي إلى امتصاص فوتونات الليزر المتحررة وينقلها إلى المستوي ( $T_2$ ) وبذلك يؤدي إلى خسارة كبيرة تعمل دائما على إيقاف الفعل الليزري كليا.

ولكي نقلل من تأثير الحالة الثلاثية ، يجب إن نصل إلى شرط عتبة الليزر ( Laser Threshold) قبل تجمع عدد مميز من الجزيئات فيها ( $T_1$ ) وهذا يتطلب زيادة قدرة التهييج. وهناك تقنيات خاصة للسيطرة على تركيز الحالة الثلاثية ، منها إضافة الكوابت الكيميائية ( Chemical Quenchers) أو عن طريق الجريان الميكانيكي ( Mechanical Flow). كذلك فإن الامتصاص بين الحالات الأحادية المثيعة ( $S_1 \rightarrow S_n$ ) يعتبر مصدر خسارة بصرية لليزر الصبغة على انه اقل أهمية من تجمع الجزيئات في الحالة الثلاثية [1,32,28].

## (7-2) الخواص البصرية الخطية Linear Optical Properties

إن التفاعل الحاصل بين طبيعة وتوزيع الشحنات داخل المادة ( الالكترونية أو جزيئية ، أيونية ) والأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة على المادة تؤدي إلى ظهور الخواص البصرية للمواد [60].

إن عدد من العمليات يمكن أن يحدث عند سقوط شعاع كهرومغناطيسي على المادة وتفاعلهما معاً ، حيث جزء من الإشعاع الضوئي يتحول إلى حرارة وذلك بامتصاصه (absorbed) من قبل المادة ، أما الجزء الآخر يدعى بالإشعاع النافذ (transmitted) إذ يمر مداخل المادة دون فقدانه الطاقة ، أما الجزء المتبقي من الإشعاع الضوئي ينعكس من سطح المادة (reflected) [61].

للحصول على معلومات عن التركيب الداخلي للمادة وطبيعة اواصرها يجب معرفة النفاذية والامتصاصية والانعكاسية للشعاع الكهرومغناطيسي الساقط على المادة ، فمثلا حزم الطاقة ونوعية الانتقالات داخل المادة يتم التعرف عليها بدراسة الطيف فوق البنفسجي (Ultraviolet) ، أما لمعرفة مجال التطبيقات العملية التي تستخدم فيها المواد يجب دراسة الطيف المرئي (Visible) [62].

### Absorbance (A) الامتصاصية (1-7-2)

إن الكمية الرياضية التي تربط كثافة الجسيمات (التركيز) في العينة وسمك العينة (طول المسار البصري) هي الامتصاصية (A) أو الكثافة البصرية (Optical Density) .

$$A = \log(I_0/I) \quad (2-14)$$

حيث I : هي شدة الضوء عند طول الموجة  $\lambda$  الذي يمر خلال العينة (شدة الضوء النافذ) ، و  $I_0$  : هي شدة الضوء قبل دخوله إلى العينة أو شدة الضوء الساقط .

يسبب امتصاص المادة للأشعة الساقطة نشاطاً إلكترونياً قد يؤدي إلى تفكك جزيئاتها إذا كانت قيمة الطاقة الممتصة أكبر من قيمة تفكك إحدى الأواصر أو انتقالها إلى مستوى طاقة أعلى إذ إن احتمالية الامتصاص تزداد بزيادة تركيز المادة في مستوى الطاقة الواطئ وبزيادة عدد فوتونات الأشعة الساقطة [62]. إن احتمالية امتصاصية الفوتون تتناسب طردياً مع تركيز الجزيئات الممتصة في العينة وسمك الأنموذج (طول المسار البصري)، حسب قانون بير- لامبرت الذي هو علاقة تجريبية تربط امتصاص الضوء بخصائص المادة التي يعبر الضوء من خلالها . وينص القانون أن عدد الجزيئات الماصة في المادة تتناسب طردياً مع جزء الإشعاع الممتص المار من خلالها فإذا مرت الإشعة في محلول معين فإن كمية الضوء الممتص أو النافذ تكون دالة أسية لتركز المذاب [63] .

وكما في المعادلة:

$$I = I_0 e^{-\alpha_{op} C_m L} \dots \dots \dots (2-15)$$

إذ إن  $\alpha_{op}$  : تمثل معامل الامتصاص البصري . و  $L$  : طول المسار البصري و  $C_m$  : التركيز المولاري .

ويمكن كتابة المعادلة بالشكل الآتي :

$$\ln I_0 / I = \alpha_{op} C_m L = A \dots \dots \dots (2-16)$$

إذ يمكن تطبيق قانون بير - لامبرت ( Lambert – Beer Law ) في مختلف المناطق الطيفية كالأشعة فوق البنفسجية والمرئية وغيرها بشرط ان يكون الاشعاع المستخدم أحادي اللون (Monochromatic Light) [64] .

### (2-7-2) معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) Absorption Coefficient

يمكن تعريف معامل الامتصاص على أنه نسبة التناقص في فيض طاقة الاشعاع الساقط بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط ، ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتون ( $h\nu$ ) وعلى خواص المادة [65] . وحسب قانون بير - لامبرت فإن معامل الامتصاص هو :

$$\text{Log} ( I_0 / I ) = 2.303 A = \alpha_o d \dots \dots \dots (2-17)$$

$$\alpha_o = 2.303 A / d \dots \dots \dots (2-18)$$

إذ تمثل  $d$  : السمك (سمك العينة) العبوه التي توضع فيها المادة وقيمته (1 cm) .

### (3-7-2) النفاذية (T) Transmittance

تعرف النفاذية للوسط (transmittance -T) على أنها " النسبة المئوية لشدة الضوء النافذ (I) إلى شدة الضوء الساقط (I<sub>0</sub>) " ، أو أنها " طاقة الإشعاع النافذ من الوسط إلى طاقة الإشعاع الساقط عليه " أي [66,67] :

$$T = ( I / I_0 ) \quad \dots\dots\dots ( 2-19 )$$

واستنادا إلى قانون بير- لامبرت فإن النفاذية تتناقص كلما زاد التركيز المولاري C<sub>m</sub> وطول المسار البصري L الذي يمر خلاله الضوء [68] .

أما نفاذية الوسط ترتبط بامتصاصية المحلول (Absorbance -A) بالعلاقة الآتية [63] :

$$A = -\log (1/ T) = -\log ( I / I_0 ) = \log ( I_0 / I ) \quad \dots\dots\dots (2-20)$$

و من هذه العلاقة نلاحظ إن النفاذية T تزداد كلما قلت امتصاصية الوسط A .

### (4-7-2) معامل الانكسار (n) Refractive Index

ينتقل الضوء بجميع أطواله الموجية بأقصى سرعة له خلال الفراغ وهي كمية ثابتة وتقل هذه القيمة في أي وسط آخر , كما إنها تتغير في الاوساط المادية باختلاف الاطوال الموجية .

وتعرف النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في أي وسط معين لطول موجة معينة بمعامل الانكسار للوسط لتلك الموجة [66] .

$$n = c / v \quad \dots\dots\dots (2-21)$$

حيث c : سرعة الضوء في الفراغ و v : سرعة الضوء في الاوساط المادية .

إن معامل الانكسار غير ثابت ويعتمد على طول الموجة الكهرومغناطيسية . بالإضافة لبعض المواد يختلف معامل الانكسار وفق اتجاه تقدّم الموجة الكهرومغناطيسية في المادة ، وتستعمل هذه المواد لتغيير اتجاه استقطاب تلك الأمواج [65]. إن معامل الانكسار يبين مدى تأثر المادة بالأمواج الكهرومغناطيسية . عند سقوط الأشعة الكهرومغناطيسية على مادة ما فإنها تعمل على إزاحة الشحنات في المادة عن مواقعها الأصلية مولدة بذلك ثنائي قطب فاذا كان (v) هو تردد المجال الكهربائي المتناوب والتابع للموجة الكهرومغناطيسية الساقطة فإن الاستقطاب الكهربائي للجزيئة سوف يتذبذب بنفس التردد ( v ) ، وإن جزء من طاقة الموجة الساقطة سوف يتحول إلى طاقة اهتزازية لثنائي القطب الكهربائي المتولد ، وبذلك تنقص سعة الموجة الساقطة ، وعلى فرض أن الفقدان في الطاقة يسبب تذبذب الثنائيات بشكل قليل ، إلا أن فعل التأخير الحاصل في إعادة الإشعاع سيقبل من سرعة الضوء ، ومن ثم يقال إن المادة تمتلك معامل الانكسار (n) كما في المعادلة (2-21) [69] .

ومن هنا يتضح إن الاستقطاب في المادة بفعل سقوط الأشعة الكهرومغناطيسية عليها مقياس لمعامل الانكسار لهذه المادة ، فكلما كان الاستقطاب كبيراً كان فعل التأخير أكبر وكلما كانت سرعة الضوء في المادة أصغر كلما كان معامل الانكسار أكبر ، والمواد التي لا تمتلك استقطاباً لا تمتلك أي تأخير في إعادة الضوء ، وبالتالي فإن معامل انكسارها (n=1). وفي أغلب الحالات يكون معامل الانكسار أكبر من الواحد وقيمه تتناسب مع كثافة الوسط [70] ، كلما ازدادت كثافة الوسط كلما زاد معامل الانكسار للمادة . كما ليس لمعامل الانكسار وحده تميزه . كما يمكن الحصول على معامل الانكسار .

$$n = \left( \frac{4R}{(1-R)^2} - K^2 \right)^{\frac{1}{2}} - \left( \frac{R+1}{R-1} \right) \dots \dots \dots (2-22)$$

ويمكن حساب الانعكاسية R ومعامل الاخماد K من المعادلات الاتية بعد ادخالها هذه المعادلات في برنامج حاسوبي .

$$R + T + A = 1 \quad \dots \dots \dots (2 - 23)$$

$$K = \frac{\alpha_0 \lambda}{4\pi} \quad \dots \dots \dots (2 - 24)$$

### Reflectance الانعكاسية (5 - 7- 2)

الانعكاس في الضوء هو ارتداد الضوء الساقط على سطح يفصل بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية , وتعرف الانعكاسية بانها الطاقة للضوء المنعكس , كما في المعادلة الاتية [63] :

$$R = \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad \dots \dots \dots (2-25)$$

# الفصل الثالث

**Introduction المقدمة (1-3)**

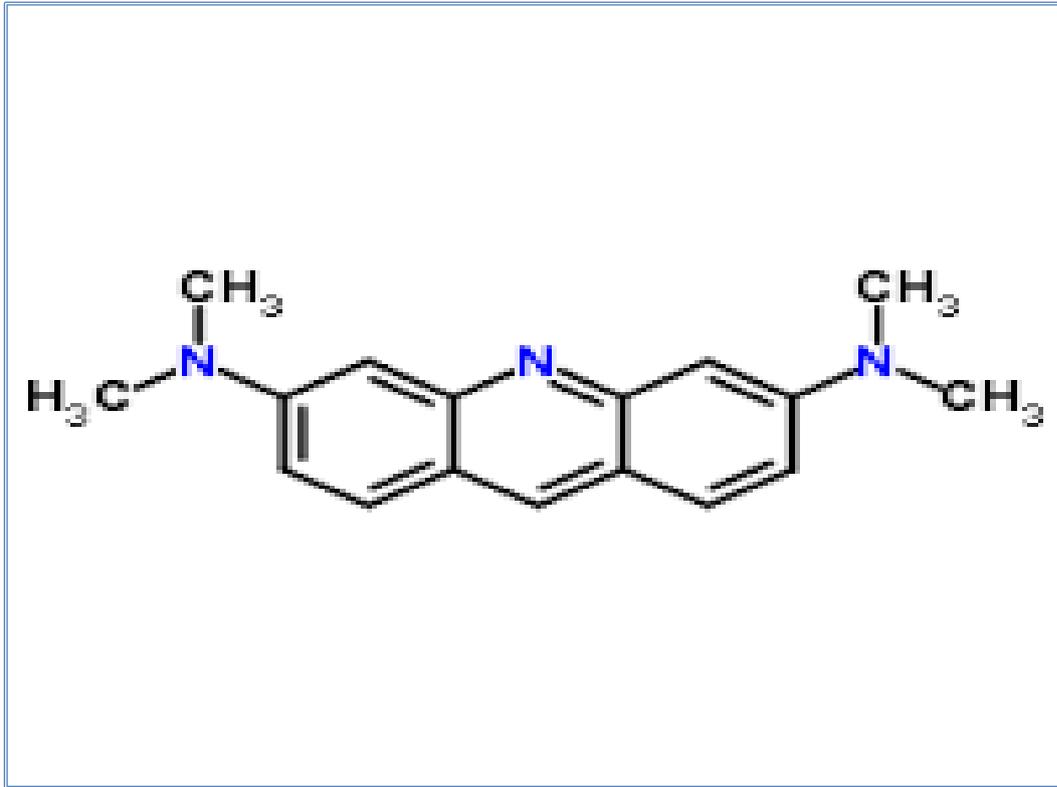
هذا الفصل يتناول وصفا للمواد والأجهزة المستخدمة في هذا البحث وهي جهاز قياس أطياف الفلورة والامتصاص ، بالإضافة إلى تحضير المحاليل السائلة (الصبغة + المذيب).

**Materials used in the search المواد المستخدمة في البحث (2-3)****1-صبغة الأكردين أورانج Acridine orange dye**

الصيغة الجزيئية :  $C_{17}H_{20}N_3$

الوزن الجزيئي : 301.82

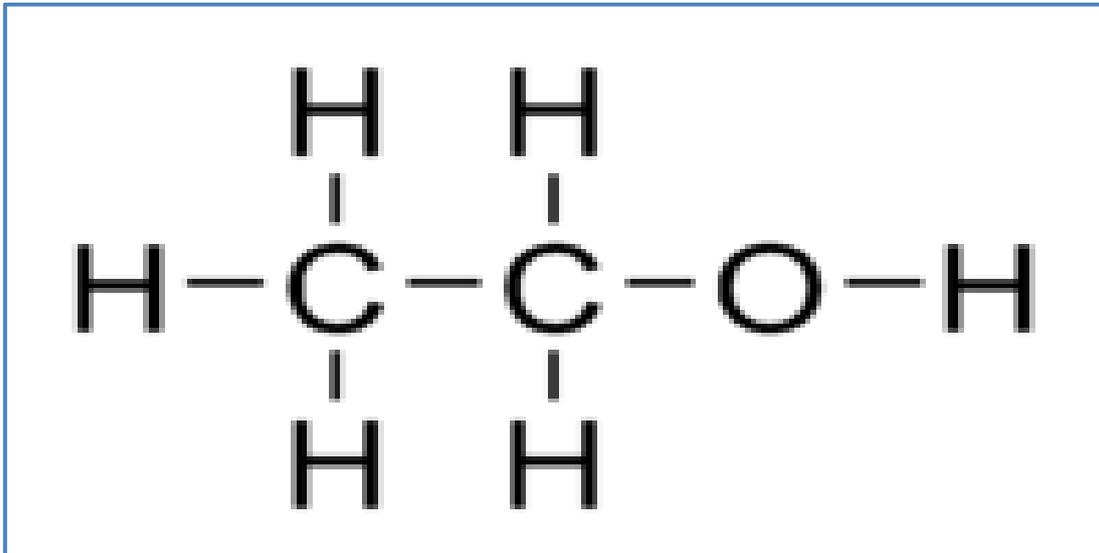
التركيب الكيميائي:



(1-3) التركيب للجزيئي لصبغة الأكردين أورانج

## 2- الإيثانول Ethanol

هو مركب كيميائي عضوي ينتمي الى فصيلة الكحوليات له الصيغة الكيميائية:  
 $C_2H_5OH$  و صيغته الجزيئية  $C_2H_6O$  ويسمى الكحول تعميماً. يمتاز الإيثانول بخاصية تكوين  
 الرابطة الهيدروجينية بين جزيئاته حيث إنه يحتوي على مجموعة الهيدروكسيل التي تعمل على  
 تزايد تماسك الروابط . سائل عديم اللون قابل للتطاير . وزنه الجزيئي (46.07 gm/ mol) وكثافته  
 ( $0.789 \text{ gm/cm}^3$ ) , درجة غليانه ( $80 \text{ C}^\circ$ ) ويذوب في المذيبات القطبية كالماء إذ انه يكون مع  
 الماء روابط هيدروجينية . يحترق بلهب أزرق عديم الدخان وهو ليس دائماً مرئياً في الضوء  
 الطبيعي [84] . ويعد من افضل المذيبات لمجموعة الزانثين (Xanthene) والسيانين  
 (Cyanine). وهو مادة قابلة للاشتعال عديمة اللون تتكون من تخمر السكر، يستعمل في  
 صناعة العطور وفي المشروبات الكحولية ويستعمل ايضا كوقود في المحركات الميكانيكية المجهزة  
 بالإيثانول. [84] ويوضح الشكل (3-4) التركيب الجزيئي للإيثانول



الشكل (3-4) التركيب الجزيئي للإيثانول [84].

### Preparation Samples (3-3) تحضير النماذج

#### (1-3-3) تحضير المحاليل السائلة للصبغة وبتراكيز مختلفة

#### Preparation Liquid Solutions for Dye and with Different Concentrations

لتحضير محلول مادة معينة بتركيز معين فقد تم اذابة كمية مناسبة من المادة في حجم

معين من المذيب فلتحضير محلول صبغة (الاكردين اورنج ) بتركيز  $(1 \times 10^{-3} \text{ ML})^{-3}$  ، تمت

إذابة وزن معين من مسحوق هذه الصبغة في حجم  $(10 \text{ cm}^3)$  من المذيبات

(الايثانول والكوروفورم) ، وفقاً للعلاقة الآتية:

$$W_m = \frac{C \times V \times M.W}{1000} \dots \dots \dots (3-1)$$

حيث :

$W_m$  : وزن الصبغة اللازم للحصول على التركيز المطلوب بوحدة gm

C: التركيز المراد تحضيره بوحدة MI

V: حجم المذيب  $\text{cm}^3$  اللازم اضافته إلى المادة.

M.W : الوزن الجزيئي للصبغة المستخدمة gm / mol .

وللحصول على المحاليل المخففة  $(MI) (0.5 \times 10^{-3}, 0.5 \times 10^{-4}, 1 \times 10^{-5}, 1 \times 10^{-6})$  من التركيز

الذي تم تحضيره يتم ذلك باستخدام العلاقة الآتية والتي تسمى بعلاقة التخفيف :

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \dots \dots \dots (3-2)$$

حيث :

$C_1$  : التركيز الاول (العالي) .

$C_2$  : التركيز الثاني (الأخف) .

$V_1$  : الحجم اللازم من التركيز الاول .

$V_2$  : الحجم اللازم اضافته للتركيز الاول للحصول على التركيز الثاني .

**(3-4) قياس أطياف الامتصاص: Absorption Spectra Measurement**

تم قياس طيف الامتصاص باستخدام مطياف ثنائي الحزمة (UV-Visible - Spectrophotometer) ، هذا المطياف يغطي منطقة واسعة من الطيف الكهرومغناطيسي من

المنطقة فوق البنفسجية حتى المنطقة تحت الحمراء القريبة ، ويوضح الشكل (3-6) صورة

للجهاز المستعمل ويشتمل الجهاز على مصدرين للتهييج هما:

a- مصباح الديوتيريوم (Deuterium Lamp) ويغطي المنطقة الواقعة ضمن الأطوال الموجية (190-360)nm .

b- ومصباح التنكستن (Tungsten Lamp) ويغطي توزيعاً طيفياً ضمن المنطقة الواقعة للأطوال الموجية (360-1100)nm .

ويمكن بذلك استخدام المصباحين لتغطية مديات المنطقة فوق البنفسجية والمرئية من الطيف . تعتمد فكرة القياس على اساس فصل الحزمة الساقطة الى حزمتين تمر أحدهما في محلول الأنموذج (Sample) المراد دراسته ، بينما الحزمة الثانية في المذيب الذي يمثل الحزمة المرجعية (Reference) يقوم الجهاز بعد ذلك بطرح الحزمة المرجعية ويسجل طيف امتصاص النموذج خالصاً.



الشكل (3-6) يوضح جهاز قياس طيف الامتصاص المستخدم

### (3-5) قياس طيف الفلورة Fluorescence spectra measurement

قياس طيف الفلورة للصبغات المحضرة تم باستخدام جهاز مطياف الفلورة من نوع F96PRO , كما هو مبين في الشكل (3-7). ويتكون من مصدر ضوء ذي قدرة 150 watt ( Xenon arc lamp ) ومعدل طيف الانبعاث والتهديج (200 - 700 nm) ونسبة المسح (200, 400,600 nm/min) وكاشف ( High sensitivity- photomultiplier tube ) و (PMT) - وحاسبة (computer).



شكل (3-7) يبين جهاز قياس طيف الفلورة المستخدم.

# الفصل الرابع

**(1-4) المقدمة (Introduction)**

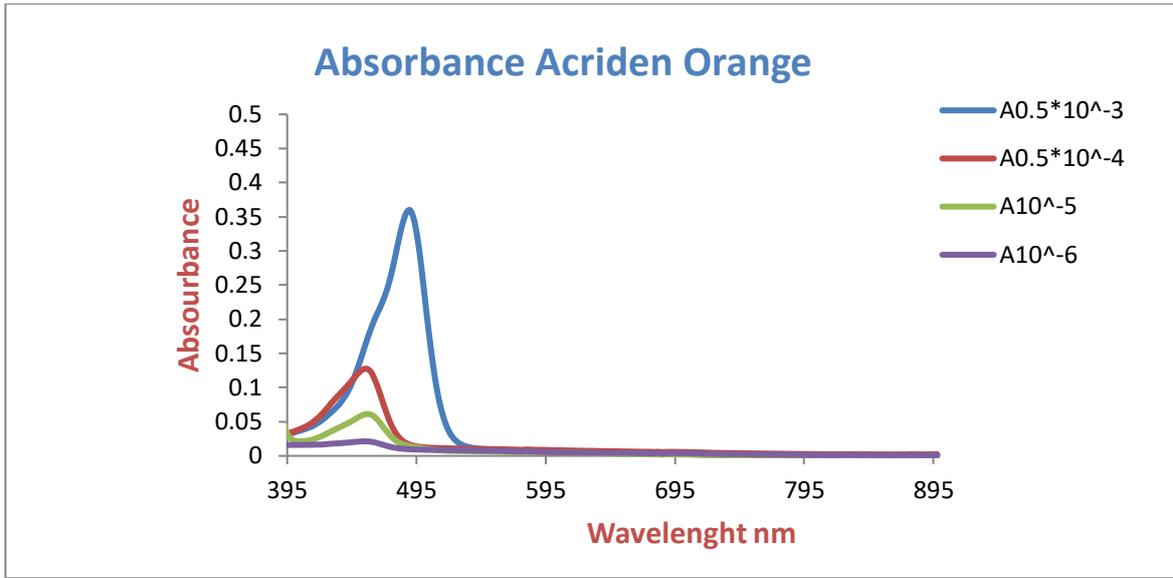
يتضمن هذا الفصل عرض لنتائج دراسة أطياف الامتصاص والفلورة لصبغة الاكردين اورنج المذابة بتراكيز مختلفة ومناقشتها وكذلك حساب الخواص البصرية والطيافية والعوامل المؤثرة عليها، كما يتضمن الفصل أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها .

**(2-4) الخواص البصرية الخطية لصبغة الأكردين اورنج****Linear optical properties for dye Acridine orange**

تمت دراسة الخواص البصرية الخطية لطيف صبغة الأكردين اورنج وبظروف مختلفة من خلال تغيير تركيز المحلول لمعرفة التغير الحاصل في خواصها .

**(1-2-4) دراسة أطياف الامتصاص و الفلورة لمحلول ( الأكردين اورنج + الأيثانول):****Absorption and Fluorescence Spectra for (Acriden orange+ ethanol) solution:**

أولاً:- تم تحضير اربعة تراكيز MI ( $1 \times 10^{-6}$ ,  $1 \times 10^{-5}$ ,  $0.5 \times 10^{-4}$ ,  $0.5 \times 10^{-3}$ ) بعد إذابة صبغة الأكردين اورنج في مذيب الإيثانول (Etanol) ومن ثم قياس أطياف الامتصاص لها باستخدام مطياف الأشعة المرئية والفوق البنفسجية (UV -Visible Spectrophotometer) كما هو موضح في الشكل (1-4) والجدول (1-4).



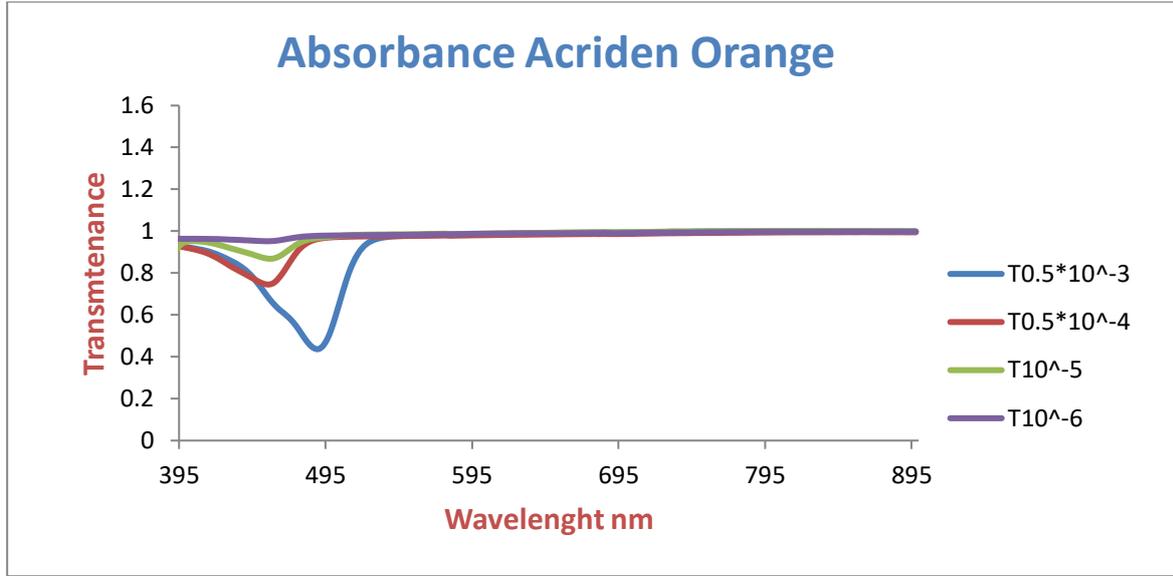
الشكل (1-4) طيف الامتصاص في منطقة (UV-VIS) لمحلول صبغة الأكردين اورنج المذابة في الأيثانول وبتراكيز مختلفة.

C (ML)	$\lambda$ max (nm)	A
$0.5 \times 10^{-3}$	487	0.354
$0.5 \times 10^{-4}$	451	0.122
$1 \times 10^{-5}$	445	0.054
$1 \times 10^{-6}$	443	0.020

جدول (1-4) الامتصاصية عند الأطوال الموجية العظمى للصبغة الأكردين اورنج المذابة في الأيثانول وبتراكيز مختلفة.

ومن نتائج أطياف الامتصاص أمكن الحصول على أطياف النفاذية (Transmission) وكما هو

موضح بالشكل (2-4) والجدول (2-4) .



الشكل (2-4) طيف النفاذية في منطقة (UV-VIS) لمحلول صبغة الأكريدين اورنج المذابة في الإيثانول وبتركيز مختلفة .

C (ML)	$\lambda$ max (nm)	T
$0.5 \times 10^{-3}$	484	0.459
$0.5 \times 10^{-4}$	448	0.753
$1 \times 10^{-5}$	448	0.882
$1 \times 10^{-6}$	445	0.955

جدول (2-4) النفاذية عند الأطوال الموجية العظمى للصبغة الأكريدين اورنج المذابة في الإيثانول وبتركيز مختلفة

وبعد الحصول على نتائج النفاذية تم قياس معاملي الامتصاص الخطي ( $\alpha_0$ ) والانكسار

الخطي ( $n_0$ ) للنماذج المحضرة بعد إدخال العلاقتين (2-18) و (2-22) في برنامج حاسوبي, كما

موضح في الجدول (3-4).

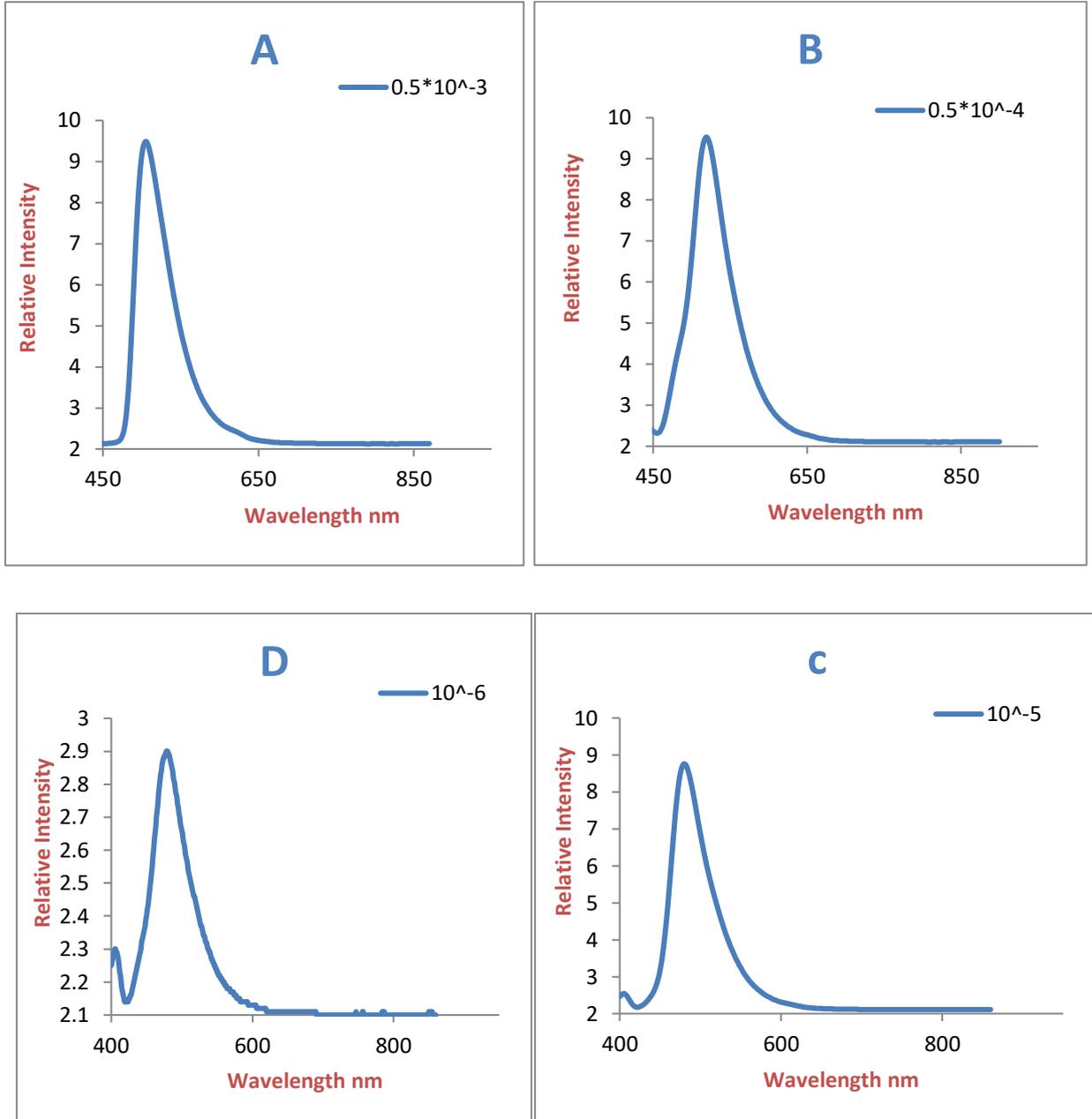
C (ML)	$\alpha_o$ (cm <sup>-1</sup> )	$n_o$
$0.5 \times 10^{-3}$	0.817	2.4
$0.51 \times 10^{-4}$	0.282	2.1
$1 \times 10^{-5}$	0.125	1.6
$1 \times 10^{-6}$	0.047	1.3

جدول (3-4) معاملي الامتصاص ومعامل الانكسار الخطيين مع التراكيز المختلفة من محلول صبغة الأكردين

اورنج المذابة في الإيثانول .

ثانياً: تم قياس أطياف الفلورة للنماذج المحضرة لمحلول صبغة (الأكردين اورنج + الإيثانول) باستخدام

مطياف الفلورة (spectrofluoromete) وكانت نتائج القياسات كما موضح في الشكل (3-4).



الشكل (3-4) طيف الفلورة لصبغة الأكردين اورنج المذابة في الإيثانول و بتركيز مختلفة وهي  $(A) 0.5 \times 10^{-3}$

$(B) 0.5 \times 10^{-4}$ ,  $(C) 1 \times 10^{-5}$ ,  $(D) 1 \times 10^{-6}$ .

C (ML)	$\lambda$ max (nm)	Relative Intensity
$0.5 \times 10^{-3}$	501	9.28
$0.5 \times 10^{-4}$	514	9.27
$1 \times 10^{-5}$	476	8.58
$1 \times 10^{-6}$	473	2.87

جدول (4-4) شدة الفلورة عند الأطوال الموجية العظمى لصبغة الاكردين اورنج المذابة في الايثانول

ومن خلال نتائج أطياف الفلورة أمكن حساب العمر الزمني للفلورة (fluorescence

lifetime) ( $\tau_f$ ) وكذلك الناتج الكمي للفلورة (fluorescence Quantum Yield) ( $Q_f$ ), باستخدام

العلاقات (2-12) , (2-7) على التوالي . بعد حساب المساحة تحت المنحني (a) لمنحني الامتصاص

والفلورة باستخدام البرنامج الحاسوبي (GEUP 6) وكانت النتائج كما موضح في الجدول (4-5):

C (MI)	$\tau_f$ (ns)	$Q_f$
$0.5 \times 10^{-3}$	$4.39 \times 10^{-3}$	0.30
$0.5 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-3}$	0.75
$1 \times 10^{-5}$	$3.95 \times 10^{-3}$	0.87
$1 \times 10^{-6}$	$3.57 \times 10^{-3}$	0.92

جدول (4-5) العمر الزمني والناتج الكمي للفلورة وبتراكيز مختلفة من محلول صبغة الأكردين اورنج المذابة في

#### الإيثانول.

نلاحظ من خلال دراسة الخواص البصرية لطيف صبغة الاكردين اورنج المذابة في

الإيثانول بتغيير التركيز ومن خلال طيف الامتصاص ظهور قمم حادة نحو الأطوال الموجية

الأطول (red Shift) وذلك بسبب زيادة عدد الجزيئات في وحدة الحجم وبالتالي حصول تغيير في مستويات الطاقة نتيجة زيادة تأثير مجال الاضطراب على الجزيئات وعند التخفيف فقد أظهرت هذه الصبغة أطيايف امتصاص لحزم عريضة غير حادة (Broad Band) وقد أظهرت هذ الصبغة بأن اعلى شدة نسبية في قمة طيف الامتصاص كانت عند الطول الموجي 487 نانومتر عند التركيز  $MI(0.5 \times 10^{-3})$  بينما أقل شدة نسبية للامتصاص كانت للتركيز الأقل للصبغة في المحلول وتحديدًا عند التركيز  $MI(1 \times 10^{-6})$  وعند الطول الموجي 443 وذلك موضح في الشكل والجدول (1-4) وكذلك نلاحظ النقصان في قيم معاملي الامتصاص والانكسار بنقصان التركيز كما موضح في الجدول (3-4).

أما بالنسبة لطيف الفلورة كانت اعلى شدة نسبية عند الطول الموجي 501 وذلك عند التركيز  $MI(0.5 \times 10^{-3})$  بينما اقل شدة كانت عند التركيز  $MI(1 \times 10^{-6})$  وذلك عند الطول الموجي 473 حيث نلاحظ ازاحة طيفية مقدارها 28 نانومتر نحو الطول الموجي الأقصر بين التركيزين وكذلك نلاحظ الزيادة في قيمة النتاج الكمي للفلورة و النقصان في قيمة العمر الزمني بنقصان التركيز كما هو موضح في الجدول (4-5).

## Conclusions (4-5) الاستنتاجات

.1

## References

- 1-خالد عبد الحميد، وليد خلف حمودي: ضوئيات الكم والليزر، الجامعة التكنولوجية، ١٩٨٩.
- 2-F. Duarte , "Tunable Laser Optics" Elsevier Academic, New York, Appendix of Laser Dyes, (2003).
- 3-Schafer, F. P. "Dye Lasers", 2nd- Ed., Springer press, Berlin (1797).
- 4-Sebastian P.J. and Sathianandan K.,"Opt.Commun.",Vol.3 No.3, P.422 (1980)
- 5-PanoutsoPoulos B., M Ali and Ahmed S. A "Appl.Opt.", Vol. 31, No.9 P.1213 (1992).
- 6-Heldt J. R., Heldt, J. M Obarowska, B. Mielewsku and J. Kumiński, "J. of Fluorescence", Vol. 11 No. 4 P.335 (2002).
- 7-Satio,Y. N. Nakai, A Nomura and Kano,T. "Appl Opt.", Vol. 31, P. 4297(1992)
- 8-Malicka J., Gryczynski Fang,I. J. Kusba J. and Joseph R. Lakowicz, "Analytical Biochemistry", Vol. 315 P.160 (2003) ,
- 9-Peterson O.G. and Snavely B. B. "Bull. Am. Phys. Soc Vol.13, P.395 (1968)
- 10-I. B Berlman, "Energy Transfer Prameters of Aromatic Compounds", Academic Press, New york.
- 11-B.B. Snavely: Organic Molecular Photophysics, ed. by J.B. Birks, Vol.1, John Wiley & Sons, 1973, p.239.
- 12-B.H. Soffer, B.B. McFarland: Appl. Phys. Lett. 10, 266 ( 1967 )
- 13-O.G. Peterson, B.B. Snavely: Appl. Phys. Lett. 12, 238 ( 1968 )
- 14-مهدي صالح عيدان" دراسة طيفية لصبغات الليزر (popop-C102) "الجامعة التكنولوجية ١٩٩٣.

- 15-صباح ابراهيم ويس البرواري"دراسة طيفية لصبغات ليزرية وخليطهما(الفلورسين صوديوم,الرودامين 6G,الرودامين B)"الجامعة التكنولوجية ١٩٩٧.
- 16-G. Filippidis et al. , "Real time random laser properties of Rhodamine-doped di- ureasil hybrids " , Appl.Opt.,Vol.38, No.28, (1999).
- 17-احسان علي الفهداوي"دراسة أطياف التآلق الطيفي لرودامين B و6G في اوساط مختلفة 2002.
- 18-G.S.S. Saini et al., " Spectroscopic studies of rhodamine 6G dispersed in polymethyl cyanoacrylate " Spectro chimica Acta Part A 61 , 653–658, (2005).
- 19-YuYang et al., "Energy transfer mechanism between laser dyes doped in ORMOSILs "chemical physics letters 402(2005) 389-394.
- 20-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).
- 21-عدي محسن نايف , " دراسة طيفية لنقل الطاقة والعمليات المتنافسة في أصباغ الليزر (كومارين ٥٢٢ و رودامين ١٠١) " , مجلة الهندسة و التكنولوجيا، المجلد ٢٦ ، العدد ٥ (٢٠٠٨).
- 22-رافد عباس علي , " قياس أطياف الامتصاص والفلورة لصبغة الكومارين في مذيب التلوين " , مجلة جامعة ذي قار، العدد ١ ، المجلد ٥ ، ٢٠٠٩.
- 23-Naheda Hamood Abd Garaah , " Study Absorption Spectra and Fluorescence Of Some Organic Dyes In Dye Laser " , A Thesis , University of Babylon , College of Science , (2011).
- 24-غزلان سرحان احمد الدليمي , " تحضير أغشية رقيقة من صبغة ليزرية ومطعمة بالبوليمر وقياس سمكها " , مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة و التطبيقية , , العدد ٢ , المجلد ٢٥ , (٢٠١٢) .
- 25-Qusay Raghieb Ali, " Photobleaching Spectroscopic Studies and lifetime Measurements of Fluorescent Organic Dyes", A thesis, University of Baghdad , College of Science , (2013).

- 26-Worood Jaber Abed Al-Zahra , " A Study of Optical Properties of Acridine Dye and Alumina Nanoparticles Doped in PMMA Polyme", A thesis , University of Babylon , College of Science for Women , (2015).
- 27-Sara Jawad Shoja" Study of Spectroscopic and optical Properties for phenolphthalein dye as a laser active medium" University of Babylon, College of Science for Women, (2016).
- 28-N.N. Alekseev, A.Y. Gorelenko, I.I. Kalosha, V.N. Serova: J. Appl. Spectry. 49, 1232 (1988).
- 29-A.N. Rubinov, B.I. Stepanov: Opt. Spectry. 22, 330 (1966).
- 30-V.I. Bezrodnyi, M.V. Bondar, G.Y. Kozak, O.V. Przhonskaya, E.A. Tikhonov: J. Appl. Spectry. 50, 441 ( 1989).
- 31-F. López Arbeloa, T. López Arbeloa, I. López Arbeloa, A. Costela, I. Garcia-Moreno, J.M. Figuera, F. Amat-Guerri, R. Sastre: Appl. Phys. B 64, 651 ( 1997).
- 32-A. Yariv: Quantum Electronics, John Wiley & Sons, INC. 1975.
- 33-O.Svelte," Principles of Lasers" ,Plenum press, Newyork,(1989).
- 34-K.H. Drexhage: J. Res. Nat. Bur. Stand. : A. Phys. and Chem. 80A, 421 ( 1976).
- 35-F. López Arbeloa, T. López Arbeloa, I. López Arbeloa: Chem. Phys. 4, 191 ( 1996).
- 36-W. Holzer, H. Gratz, T. Schmitt, A. Penzkofer, A. Costela, I. Garcia-Moreno, R. Sastre, F.J. Duarte: Chem. Phys. 256, 125 (2000).
- 37-M.Parikh"Absorption Spectoscopy of Organic Moleculus",Addison-Wesley 1974.
- 38-B. Birks "Photophysics of Aromatic Moleculus" Wilely-Interscience, London,1973.

- 39-Joseph T.Verdeyen "Laser Electronic",Printice-Hall,1986
- 40-Z. Vinogradov, J.Appl.Sepc.,Vol.(50),No.(3), P.(272), 1989.
- 41-N. Al-Hedethi, M. Sc. Thesis, University of Technology, Baghdad, 1987.
- 42-Banwell C.N. and McCash E.M. Fundamentals of Molecular Spectroscopy (4th ed., McGraw-Hill 1994) p.101 and p.113 ISBN 0-07-707976-0.
- 43-Jump up ^ Atkins P. and de Paula J. Physical Chemistry (8th ed., W.H. Freeman 2006) p.431 ISBN 0-7167-8759-8.
- 44-Albani, J.R. (2004). Structure and Dynamics of Macromolecules: Absorption and Fluorescence Studies. Elsevier. p. 58. ISBN 0-444-51449-X.
- 45-Jump up ^ Lakowicz, J.R. 1983. Principles of Fluorescence Spectroscopy, Plenum Press, New York. ISBN 0-387-31278-1.
- 46-Jump up ^ Guilbault, G.G. 1990. Practical Fluorescence, Second Edition, Marcel Dekker, Inc., New York. ISBN 0-8247-8350-6
- 47-B. Birks"Organic Molecular Photophysics"Wilely-Interscience, London,1973
- 48-I. B. Berlman; "Energy Transfer Parameters of Aromatic Compounds," Academic Press, New York and London,( 1973).
- 49-I. P. Kaminow et al. , "Laser Devices and Application", New York, (1973).
- 50-D. M. Hercules, "Fluorescence & Phosphorescence Analysis", Inter Science Publisher adivision of John Wiley & Sons. New York. London. Sydney.( 1960).
- 51-M.Fukuda and K.Mito, "Solid-State Dye Laser with Photo- Induced Distributed feedback",J.Appl.Phys.39, 5859-5863, (2000).
- 52-O.Svelte ," Principles of Lasers", Plenum press , Newyork,(1989)
- 53-I. B. Berlman; "Energy Transfer Parameters of Aromatic Compounds," Academic Press, New York and London,( 1973).

54-B.T.AL.Khafaji , " Life Measurement of Some Lasing Compounds " PH.D. Thesis University of Baghdad , ( 1993).

55-W.Demtroder, "Laser spectroscopy", Springer-Verlag New York, pp. 336-350, (1981).

56-R. Sastre et al. , " Laser performance of Coumarin 540A dye molecules in polymeric host media with different viscosities: From liquid solution to solid polymer matrix " , J. Appl. Phys., Vol.83, No.2, pp.650-660, (1998).

57-G. Schulman, "practical Fluorescence and phosphorescence Spectroscopy", pegman press ,Oxford, 1977.

58-I. López Arbeloa, K.K. Rohatgi-Mukherjee: Chem. Phys. Lett. 128, 474 ( 1986 )

59-I. López Arbeloa, P. Ruiz Ojeda: Chem. Phys. Lett. 79, 347 ( 1981)

60-J. Klinowski, "High-Resolution Molecular Spectroscopy Electronic Spectroscopy", University of Cambridge , (2005).

61-حسن الشربيني , بتول الخياط , صبحي كمال حسون , " البصريات الفيزيائية " , جامعة بغداد \ كلية التربية , (١٩٨٢).

62-Grant, R. Fowels, " Introduction to modern optics" , holt Rinehart and Winston ,Inc., second , 1975.

63-M.Wang, Z. Lin and G. Zhai, "Optical linearity and nonlinearity.

64-Verhaegen et al. , "Mass spectrometric determination energy of B2 J. Chem. Phys. ,37,1367, (1960).

65-Hollas, J.M. , "Modern Spectroscopy" John Wiley and sons Ltd, The Atrium, Southern Cate Chionester, west Sussex PO19 8SQ, England ,(2004).

66-M . Parikh, "Absorption Spectroscopy of Organic Molecules", Adison-Weleg, 1974..

67-W. Demtröder, (2010), "Atoms ,Molecules and Photons", Springer Berlin Heidelberg New York .

68-B. P. Straughan et al. , "Spectroscopy" , Chapman and Hall, London,(1976).

69-ليلي محمد نجيب سليم. "الطيف" . جامعة الموصل ،(١٩٨٥) .

70-Davies , M. "Infrared Spectroscopy and Molecular Structure", Elsevier , Amsterdam , (1963).

71-C. Hilborn and H. C. Bragman, J. Appl. Phys., Vol. (45), p. (4912), 1972.

72-B. Dunning and E. D. Stockes, Opt. Commun., Vol. (6), p. (60), 1972.

73-James T . Yardley "Introduction to Molecular Energy Transfer" ,Academic press,1980

74-V.KorolRovan,L. K.Denisov and B.M.Uzhinov.J.Appl.spet.Vol.33(2), pp.(842-5),1980.

75-B. Berlman, "Energy Transfer Parameters of Aromatic Compounds ",Academic press, New York and London, 1973.

76-N.J. Turro, : "Modern molecular photochemistry", Binjamin& Cummings Co., CA, 1979.

77-Terada and Yohba, Japanese, J.Appl.phys.Vol. (22), p.(1392), 1983.

78-M.Kailasnath<sup>a,\*</sup>,N.Kumar<sup>b</sup>, V.P.N. Nampoora, C.P.G. Vallabhan<sup>b</sup>, P. Radhakrishnan<sup>a</sup>"Excitation Wavelength dependence of energy transfer in dye mixture doped polymer optical fiber preforms .Journal of Photochemistry and Photobiology A:Chemistry 199(2008)236-241.

79-B. Raju and T. S. Varadarijan, J. Lum,Vol. (55), p.(49), 1993.

80-A. Lamola and N. J. Turro"Energy Transfer and Oraganic photochemistry",Interscience publishers, New York, 1959.

81-Zeiri,Chem., phys. Lett., Vol. (121), p. (6), 1985.

- 82-Sh. M. Al-Marsumi, M. Sc. Thesis, University of Baghdad, 1988.
- 83-J. Mc Murry , " Organic Chemistry" , oxford university Press, New York ,p. 314, (1984).
- 84-F. P. Schafer, "Dye Lasers ,Topics in Applied physics", Springer - Verlage, Berlin, Vol. 1,(1973).
- 85-N. J. Turro, "Modernmolecular photochemistry",Binjamin and Cummings Co., CA, (1979).
- 86-M. Rossberg et al.“Chlorinated Hydrocarbons” in Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2006, Wiley-VCH Weinheim. doi:10.1002/14356007.a06\_233.pub2.