

## دراسة طيفية لنقل الطاقة والعمليات المتنافسة في أصباغ الليزر (كومارين 522 و

رودامين 101)

عدي محسن نايف\*

تاريخ التسليم: 2006/4/11

تاريخ القبول: 2007/12/5

الخلاصة

( ) 522

( ) 101

(  $10^{-4}$ - $10^{-6}$ )

( $10^{-4}$ )

(650-340)nm

(1:1)

### Abstract

The transfer of excitation energy between the molecules of compounds is an effective and important phenomenon in extensive application, and particularly in the development of dye laser. The energy transfer between two lasing compound, Coumarin 522 (donor) and Rhodamine 101 (acceptor) has been investigated in order to achieve the operational conditions for efficient lasing at desired wavelengths. Absorption spectrum of each compound of different concentrations ( $10^{-4}$ - $10^{-6}$ ) molarty with ethanol at room temperature were measured prior to and after mixing. Wide absorption spectral bandwidth was observed in the mixture that increasing concentration shifts the absorption spectrum peak towards longer wavelengths. The maximum absorption bandwidths in the mixture ranging between (340-650)nm were obtained at concentrations ( $10^{-4}$ ) molarty for each compound with a mixing ratio (1:1) depending on the donor concentrations. This range provides a wide - scale pumping source for lasers.

المقدمة

Energy Transfer )  
(Mechanism

[6,5,3].

[7] Peterson Snavely

B  
6G

[1](10<sup>-15</sup>s)

1922

Frank

[4,3,2].(ETDL)

Frank

[8] 1923 Cario

-2

**Energy Transfer**

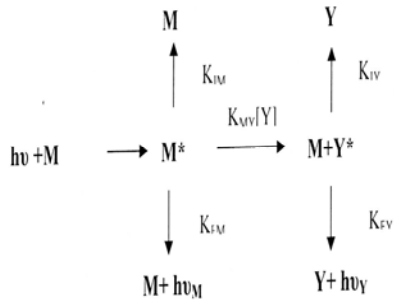
[9-6]

( )

(  
(Overlap)

[10].

من مصدر الضخ فأنها تنهيج إلى المستوى الإلكتروني الأول ( $S_1$ )، وخلال هذا المستوى فان الجزيئة المانحة المثيجة  $M^*$  إما إن تتفلور بعملية الفلورة أو ترجع إلى المستوى الأرضي بانتقال غير إشعاعي (التحول الداخلي) وبثابت تحلل  $K_{FM}$  أو  $K_{IY}$  للفلورة والتحول الداخلي على التوالي أو تعطي معظم الطاقة التي تمتصها إلى الجزيئة القابلة وبثابت تحلل  $K_{MY}$  لانتقال الطاقة. وبنفس الطريقة فان الجزيئة القابلة المثيجة  $Y^*$  ترجع إلى المستوى الأرضي إما بعملية الفلورة أو التحول الداخلي وبثابت تحلل  $M^*$  و  $K_{IY}$  على التوالي.



الشكل(1): مخطط يوضح ميكانيكية انتقال الطاقة بين الجزيئات المانحة والقابلة [14]

**a- انتقال الإشعاعي Radiative transfer**

(Donor molecule)  
Acceptor )  
(molecule

[11]

(D)

(A)

(Radiative transfer)

(Non-Radiative )

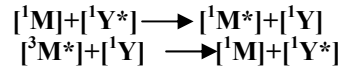
(transfer) فهو على العكس من الانتقال الإشعاعي، حيث تنتقل الطاقة إلى الجزيئة القابلة قبل إن تبعث الجزيئة المانحة فلورتها [12-13].

يوضح الشكل (1) مخطط ميكانيكية انتقال الطاقة من الجزيئة المانحة المثيجة  $M^*$  إلى جزيئة الصبغة القابلة  $Y$ . حيث إن الجزيئة المانحة  $M$  بعد إن تمتص طاقة ( $hv$ )

رنينية طويلة المدى (Long Range Resonance Energy) عندما يكون فرق الطاقة بين المستوى الاهتزازي الصفري ( $\nu_0$ ) للمستوى الالكتروني المتهيج الأول ( $S_1$ ) والمستويات الاهتزازية للمستوى الأرضي للجزيئة المانحة مساوي لفرق الطاقة بين المستويات الاهتزازية للمستوى الأرضي والمستويات الاهتزازية ( $\nu_p$ ) للمستوى المتهيج الأول للجزيئة القابلة وكما موضح في الشكل (2) وتحدث هذه العملية قبل إن تتفلسر الجزيئة المانحة [6] وتعتمد كفاءتها على كون الانتقالات الحاصلة بين مستويات الطاقة للجزيئات المانحة والقابلة مسموح أو غير مسموح من ناحية البرم الالكتروني , حيث تزداد كفاءتها للجزيئة المانحة في المستوى المتهيج الأحادي ( $^1M^*$ ) وتقل للجزيئة المانحة في المستوى المتهيج الثلاثي ( $^3M^*$ ) وكما هو موضح في المعادلتين التاليتين [8]:

إن احتمالية انتقال الطاقة اللاشعاعي تزداد عندما تكون تراكيز الجزيئات المانحة والقابلة عالية نسبياً. التداخل المتبادل والذي يسمى بتفاعل قصير المدى (Short-range interaction) أيضاً لأنه يحدث عندما تكون المسافة بين الجزيئات المانحة والقابلة صغيرة (6-15) انكستروم هو نوع من أنواع الانتقال

إن لهذا النوع أهمية كبيرة عندما تكون تراكيز كل من المانح والقابل قليلة، عندها تكون المسافة بين الجزيئات كبيرة بالمقارنة مع قطر التصادم ( $100 < R_0$ ) انكستروم [12,15]، ويمكن كتابة معادلة الانتقال الإشعاعي لجزيئة مانحة ( $^1M^*$ ) للطاقة ( $h\nu$ ) بالصيغة التالية.

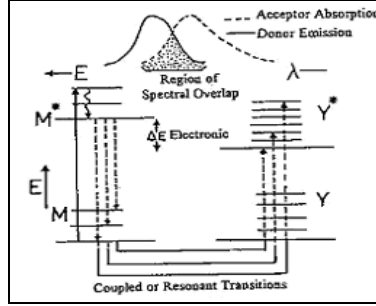


في مثل هذا النوع من الانتقال، حيث لا يوجد تفاعل مباشر بين الجزيئة المانحة (D) والجزيئة القابلة (A)، وعندما تكون هي العملية السائدة (Prevalent process). يقتصر الانتقال الإشعاعي للطاقة على الجزيئات القابلة التي لا يحدث فيها تغير في التعددية البرمية، أي انتقال مسموح به برميا، مثل انتقال الطاقة (أحادي - أحادي) أو (ثلاثي - ثلاثي). إما بالنسبة لاحتمالية الانتقال (أحادي - ثلاثي) فهو ضعيفا جدا لان معامل الامتصاص له ضعيفا [16].

#### b- الانتقال اللاإشعاعي

#### Non-Radiative transfer

إما فيما يخص انتقال الطاقة اللاشعاعي فهي تحصل إما بطريقة



الشكل (2): مخطط يوضح الانتقال الرنيني للطاقة [18]

أما بالنسبة لنسبة الخلط، تعني عدد الجزيئات المانحة مقابل عدد الجزيئات القابلة للطاقة، فيمكن تحديدها من أجل الحصول على انتقال كفؤ للطاقة، أن أفضل نسبة خلط تلك التي يكون عندها توافق بين جزيئات المانح والقابل [6].

### 3- الجانب العملي

تم استخدام مطياف

Spectrophotometer ثنائي

الحزمة من النوع [CECIL

CE7200] لغرض قياس طيف

الامتصاص للصبغة الليزرية

المستخدمة.

المواد المستخدمة في البحث

1- صبغات الزانثين Xanthene

Dyes

هي عبارة عن مجموعة من الصبغات التي تستخدم لتغطية المدى

اللااشعاعي ويحدث الانتقال اللااشعاعي بطريقة تفاعل ثنائي القطب - ثنائي القطب طويل المدى (Long-range dipole-dipole interaction) والذي يسمى بالانتقال الرنيني نوع فوستر FÖSTER، الذي يحدث عندما تكون المسافة بين الجزيئات المانحة والقابلة (20-60) انكستروم [17]. يعتمد هذا النوع على مقدار التداخل الطيفي بين طيف الانبعاث للجزيئة المانحة وطيف الامتصاص للجزيئة القابلة [11]. أما بالنسبة لعملية انتقال الطاقة بواسطة التصادم (Collision transfer) فهي أيضا انتقال لا اشعاعي، حيث إن الجزيئة المانحة المثيجة تنقل طاقتها إلى الجزيئة القابلة في الحالة الأرضية خلال عملية التصادم ويمكن توضيح ذلك بالصيغة التالية.

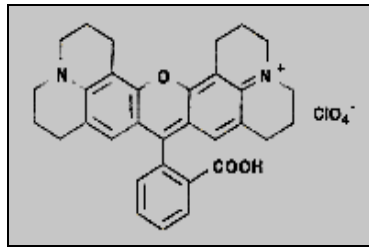


حيث أن  $K_{diff}$  عامل انتقال الطاقة التصادمي ويرتبط بلزوجة ودرجة حرارة المذيب وان احتمالية حدوث هذه العملية قليلة نسبة الى غيرها لأنها تحدث عندما تكون المسافة بين الجزيئين صغيرة جدا وبحدود  $(Distance > 2A^\circ)$  [15]

شكل (3): يوضح a- كروموفور الزانثين  
b- الرودامين c- الفلورسين [19]

a-1 رودامين 101 (Rhodamine 101  
or Rhodamine 640)

واسمها العلمي (2-)-8-  
Carboxyphenyl)-  
2,3,5,6,11,12,14,15-  
Octahydro-1H,4H,13H-  
diquinolizino[9,9A,1-  
6c:9',9a',1-hl]xanthylium  
Perchlorate  
ذات الصيغة الكيميائية  
(C<sub>32</sub>H<sub>31</sub>N<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Cl)  
والوزن الجزيئي ( 591.06  
(g/cm<sup>3</sup>)  
والمجهزة من شركة ( Lambda  
physic الألمانية



الشكل (4): يوضح التركيب الجزيئي لصبغة  
الرودامين 101 [20]

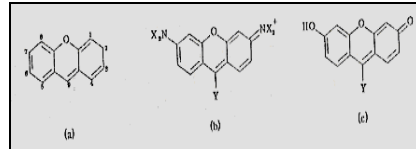
2- صبغات الكومارين Coumarin  
Dyes

وهي مركبات حلقيّة هجينة  
(Heterocyclic)، حيث تشكل

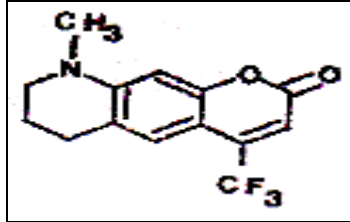
الطيفي (500-700)nm وهي  
كفوءة، مما جعلها ذات استخدام واسع  
في ليزرات الصبغة. وتمتلك استقرار  
ضوء كيميائي عالي جدا [19].  
وتمتلك هذه الصبغات حلقة زانثين  
(Xanthene ring) التي تمثل  
كروموفور هذه الصبغة كما موضح  
في الشكل (a3).  
وقسم إلى صنفين

a- صنف الرودامين  
(Rhodmine class)  
حيث يحل فيه جذر الامين  
(NH<sub>2</sub>) في الموقعين  
(7,2) كما في الشكل  
(b3)، مثل الرودامين 6G  
والرودامين B والرودامين  
101.

b- صنف الفلورسين  
(Fluorescein class)  
حيث يحل فيه جذر  
الهيدروكسيد في الموقعين  
(7,2) كما في الشكل (c3).  
يتمتع صنف الرودامين بكفاءة  
عالية جدا عند استخدامه كأوساط  
فعالة في ليزرات الصبغة، حيث  
يغطي المدى الطيفي (540-)  
(650).



والوزن الجزيئي ( $283.3 \text{ g/cm}^3$ )  
والمجهزة من شركة ( Lambda  
physic) الألمانية



الشكل (6): يوضح التركيب الجزيئي لصبغة  
الكومارين 522 [21]

### c-3 المذيب Solvent

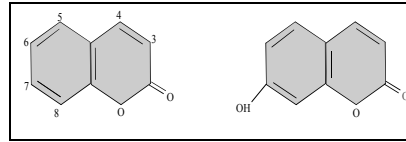
الإيثانول (Ethanol) وهو  
مذيب عضوي واسع  
واسمه الكحول الإيثيلي  
(Ethyl Alcohol) ذو صيغة  
جزيئية  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  والوزن  
الجزيئي له  $46.07 \text{ g/mol}$   
ويعتبر من أفضل المذيبات  
لمجموعة الزانثين و السيانين  
وقد استخدم إيثانول نقي حيث  
بلغت نقاوته (99.8%)

### 4- النتائج والمناقشة

#### 1-4 أطياف الامتصاص للكومارين 522

إن عملية انتقال الطاقة  
الإلكترونية تكون أكثر كفاءة في  
الظروف التي يكون فيها تداخل طيفي  
بين طيف الامتصاص للجزيئة القابلة

الحلقة الثنائية (Bicyclical) القوام  
الأساسي لها. وتعتبر صبغات فعالة  
في المنطقتين الزرقاء والخضراء من  
الطيف الكهرومغناطيسي. يوضح  
الشكل (a5) التركيب الجزيئي لها  
حيث يمكن إن يحل في الموقع (7)  
جذر الهيدروكسيد (OH)، جذر  
الأمين ( $\text{NH}_2$ ) أو جذر الأستوكسي  
(Acetoxy Radical). يدعى  
مشترك الكومارين ذو جذر  
الهيدروكسيد أحياناً بالأمبفيرين  
(Umbelliferone) كما موضح في  
الشكل (b5)، حيث تحدد هذه الجذور  
الصفات الكيماوية لهذه  
الصبغات [21].



الشكل (5): التركيب الجزيئي (a)  
كومارين (b) الأمبفيرون [19]

### a-2 كومارين 522

#### (Coumarin 522 or C8F)

واسمها العلمي N-Methyl-4-  
trifluormethylpiperidion-  
[3,2-9]-coumarin  
ذات الصيغة الكيماوية  
( $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{NO}_2\text{F}_3$ )

أظهرت النتائج إن تغير تركيز صبغة الرودامين 101 ضمن المدى ( $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ) مولاري يؤثر على طيف الامتصاص وكما موضح في الشكل (9).

إن أطياف الامتصاص للرودامين 101 الموضحة في الشكل أعلاه، حيث وجد إن زيادة التركيز يؤدي إلى زيادة مقدار الشدة النسبية ويزيح قمة الامتصاص نحو الأطوال الموجية الطويلة (الطاقة الواطنة). إن أكبر مقدار لشدة الامتصاص النسبية كان عند الطول الموجي (576)nm ولتركيز ( $10^{-4}$ ) مولاري اما اقل مقدار لها فكان عند الطول الموجي (573)nm ولتركيز ( $10^{-6}$ ) مولاري. حيث يلاحظ حدوث إزاحة مقدارها 3nm عند الانتقال بين التركيزين المذكورين أنفاً. وتعزى هذه الإزاحة إلى إن زيادة التركيز سببت زيادة في عدد الجزيئات في وحدة الحجم وبالتالي حصول تغير في مستويات الطاقة نتيجة زيادة تأثير مجال الاضطراب على الجزيئات [22].

#### 3-4 أطياف الامتصاص لمزيج الصبغات (Rh<sub>101</sub> + C<sub>522</sub>)

إن نتائج تأثير التركيز على أطياف الامتصاص للمزيج (الكومارين 522 والرودامين 101)

وطيف الفلورة للجزيئة المانحة. حيث يوضح الشكل (7) ظاهرة التداخل الحاصل بين الكومارين 522 (مانح) والرودامين 101 (قابل)، إن ذلك التداخل أعطى فرصة أكبر لحدوث عملية انتقال الطاقة الالكترونية.

تم دراسة أطياف الامتصاص لصبغة الكومارين 522 وكما موضح في الشكل (8) وذلك بتركيز مختلفة ( $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ ) مولاري في مذيب الايثانول، حيث أخذت هذه القياسات عند درجة حرارة الغرفة.

أظهرت النتائج إن تغير تركيز صبغة الكومارين 522 يؤثر على أطياف الامتصاص. وجد إن أعلى مقدار للشدة النسبية كان عند الطول الموجي (418)nm ولتركيز ( $10^{-4}$ ) مولاري واقل مقدار لها عند الطول الموجي (414)nm ولتركيز ( $10^{-6}$ ) مولاري. وجد إن نقصان التركيز يؤدي إلى إزاحة قمة الامتصاص نحو الأطوال الموجية القصيرة، أي إزاحة زرقاء (Blue shift)، حيث بلغ أعلى مقدار للإزاحة 4nm.

استخدمت هذه الصبغة كجزيئة قابلة للطاقة وقد تم دراسة طيف الامتصاص لها في مذيب الايثانول قبل مزجها مع صبغة الكومارين 522 (المانحة للطاقة). حيث يوضح الشكل (9) طيف الامتصاص وبتراكيز ( $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ) مولاري.



والقابلية، كما أكد ذلك الباحثان Sathianandan and Sebastian [2] عند دراستهما لمزيج من الرودامين Rh<sub>6G</sub> (مانح) والرودامين Rh<sub>B</sub> (قابل) في مذيب الميثانول.

### الاستنتاجات

- 1- إن زيادة تركيز الصبغتين المانحة (الكومارين 522) والقابلة (رودامين 101) يؤدي إلى زيادة مقدار الشدة النسبية للامتصاص وذلك يتفق مع قانون Beer-Lambert Law ، وكذلك يؤدي إلى إزاحة قمة الامتصاص نحو الطاقات الواطئة (الأطوال الموجية الطويلة).
- 2- من خلال العلاقة بين الشدة النسبية والطول الموجي لطيف الامتصاص للمزيج ومقارنته مع مثيله للجزيئة المانحة يضح ما يلي.
  - a- إن الخواص الطيفية لأطياف المزيج، أي المركب المعقد، تختلف عن مثيلاتها لكل من المانح و القابل.
  - b- إن اكبر اتساع طيفي يمكن إن يتحقق عندما تكون نسبة المزج، نسبة المانح إلى القابل، هي (1:1) ولتركيز (10<sup>-4</sup>) مولاري لكل منهما.

موضحة في الإشكال (10) و(11) و(12). حيث وجد إن التركيب الطيفي للامتصاص يختلف عن مثيله العائد على كل من الصبغتين على انفراد، باحتوائه على مدى طيفي واسع. إن مدى الامتصاص للمزيج هو (650-340)nm، محسوب من بداية الطيف الى نهايته وكما موضح في الشكل(10).

إن انخفاض تركيز الصبغة المانحة كومارين 522 أدى إلى تناقص الشدة النسبية لأطياف الامتصاص للخليط وكما موضح في الجدول (3) بسبب حدوث عمليات الكبت نتيجة تكوين المركبات المعقدات الجزيئية [11]. في الوقت نفسه تم ملاحظة الزيادة الحاصلة في مقدار الشدة النسبية لأطياف الامتصاص للخليط من تراكيز القابل وكما موضح ذلك في الإشكال (10) و(11) و(12).

إن زيادة مقدار الشدة النسبية للمزيج بزيادة تركيز الصبغة المانحة يعزى الزيادة احتمالية انتقال الطاقة وتكوين المركب المعقد. بالإضافة إلى ذلك، فقد وجد إن مقدار الاتساع الطيفي للمزيج يزداد بزيادة تركيز الصبغة المانحة، الذي يدل على زيادة كفاءة انتقال الطاقة، وقد وجد إن اكبر مدى طيفي للمزيج عند التركيز (10<sup>-4</sup>) مولاري للصبغة المانحة، أي بنسبة متساوية من الجزيئات المانحة

- "Appl.Opt.", Vol. 31, No.9,  
P.1213 (1992).
- 4 Heldt J. R., Heldt, J. M.  
Obarowska, B. Mielewsku  
and J. Kumiński, "J. of  
Fluorescence", Vol. 11,  
No. 4 P.335 (2002).
- 5- Satio,Y. N. Nakai, A.  
Nomura and Kano,T. "Appl.  
Opt.", Vol. 31, P. 4297  
(1992).
- 6- Malicka J., Gryczynski,  
Fang,I. J. Kusba J. and Joseph  
R. Lakowicz, "Analytical  
Biochemistry", Vol. 315,  
P.160 (2003).
- 7- Peterson O.G. and Snavely,  
B. B. "Bull. Am. Phys. Soc.",  
Vol.13, P.395 (1968). 8- I. B.  
Berlman, "Energy Transfer  
Parameters of Aromatic  
Compounds", Academic  
Press, New york and  
London (1973). 9- J.  
Mugnier, J. Pouget, J.  
Bourson and B. Valeur, "J.  
Lum.", Vol. 33, P.273 (1985).
- 10- Mohan,D. Sanghi S., R.  
D. Singh, K. Mahendiratta  
and A. Gaur, "J. Photochem.  
Photobiol. A:

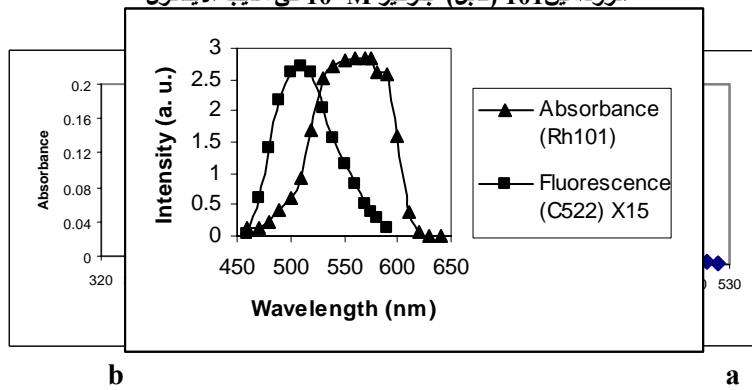
3- من خلال تغيير تركيز الصبغة  
المانحة وثبوت تركيز الصبغة القابلة  
يمكن ملاحظة ما يلي:  
a- عندما يكون تركيز الصبغة  
القابلة اكبر ما يمكن فان الشدة النسبية  
لانتقال الطاقة من المانح إلى القابل  
تزداد  
بزيادة تركيز المانح وتبدأ هذه الشدة  
بالنقصان إلى إن تتساوى (تقريبا)  
عند نقصان تركيز المانح لنقصان  
عدد الجزيئات المتهيجة المانحة  
للطاقة والمستعدة لتكوين المركب  
المعقد.  
b- عندما يكون تركيز الصبغة  
القابلة للطاقة اقل ما يمكن والذي  
يعني تواجد اقل عدد من جزيئاتها  
الأمر الذي يقلل من احتمالية  
تصادمها وسحبها للطاقة من الصبغة  
المانحة لتكوين المركب المعقد.

#### References المصادر

- 1- Schafer, F. P. "Dye  
Lasers", 2<sup>nd</sup> Ed., Springer –  
press, Berlin (1977).
- 2- Sebastian P.J. and  
Sathianandan  
K., "Opt.Comm.", Vol.32,  
No.3, P.422 (1980).
- 3- Panoutsopoulos B., M.  
Ali and Ahmed S. A. ,

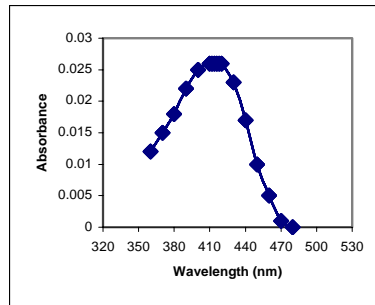
- 18-** N. J. Turro, "Modern molecular photochemistry", Benjamin and Cummings Co., CA, (1979)
- 19-** Maeda, M. "Laser Dyes", Academic Press, New York (1984).
- 20-** J. L. Dela Cruz and G. J. Blanchard, "J. Phys. Chem. A", Vol. 106, P. 10718 (2002).
- 21-** Jones G., Jackson W. R., S. and Kanoktaunporn Halpern A. M., "Opt. Commun.", Vol. 33, No. 3, P.315 (1980).
- 22-** Chen C. H., J. L. Fox, "J. Spectro.", Vol. 26, P. 48 (1977).
- Chem.", Vol. 69, P.77 (1992).
- 11-** Dudley C., "Absorption, Fluorescence and Amplified Spontaneous emission of Blue-Emitting Dyes", thesis M. Sc., WASHINGTON STATE UNIVERSITY, (2004).
- 12-** Birks J. B, "Organic Molecular PhotoPhysics", John-Wiley and Sons, New York (1975).
- 13-** Paul R. Selvin, "Nature Structural Biology", Vol. 7, No. 9, P.730 (2000).
- 14-** Mohy El-din Abu-Zeid, "J. of Photochemistry", Vol. 10, P.221 (1979).
- 15-** Dietrich, A. V. Buschmann, C. Müller and M. Sauer, "Reviews in Molecular Biotechnology", Vol. 82, P.211 (2002).
- 16-** Anderson R. W., "J. Chem. Phys.", Vol. 16, No. 7, P.2500 (1974).
- 17-** Lumb, M. D. "Luminescence Spectroscopy", Academic Press, London (1978).

الشكل (7): يوضح طيفي الفلورة لصبغة الكومارين 522 (مانح) و الامتصاص لصبغة  
 الرودامين 101 (قابل) بتركيز  $10^{-4}M$  في مذيب الايثانول



b

a



c

الشكل (8): يوضح اطياف الامتصاص لصبغة الكومارين 522 بتركيز  $10^{-6}$ -c  $10^{-4}$ -b  $10^{-2}$ -a مولاري في مذيب الايثانول

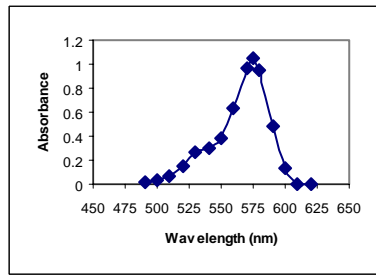
جدول (1): يبين تأثير تغير التركيز للكومارين 522 في مذبذب الايثانول

( )	$R_{abs.}$	$\lambda_{Max.(abs.)}$ (nm)	$\Delta\lambda_{(abs.)}$ (nm)
$10^{-4}$	1.602	418	330-490
$10^{-5}$	0.171	416	360-460
$10^{-6}$	0.026	414	360-480

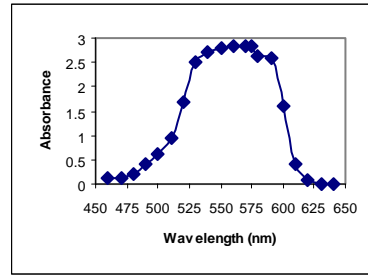
$R_{abs}$ : الشدة النسبية للامتصاص.

$\lambda_{Max.(abs.)}$ : الطول الموجي عند أعلى شدة نسبية للامتصاص.

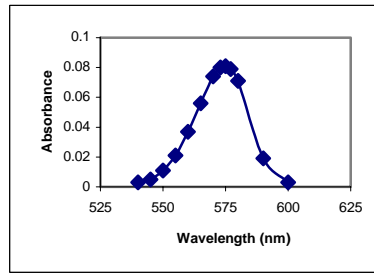
$\Delta\lambda_{(abs.)}$ : عرض حزمة الامتصاص من بداية الطيف إلى نهايته.



b



a

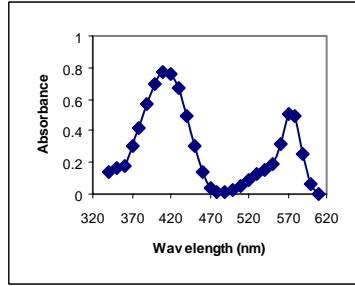


c

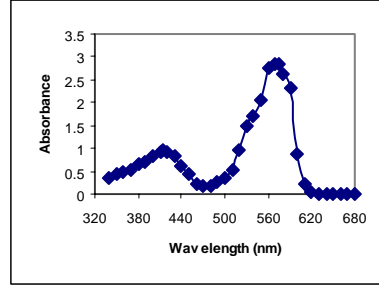
الشكل (9): يوضح اطياف الامتصاص لصبغة الرودامين 101 بتركيز 10<sup>-4</sup>-a 10<sup>-5</sup>-b 10<sup>-6</sup>-c مولاري في مذبذب الايثانول

جدول (2): يبين تأثير تغير التركيز للرودامين 101 في مذبذب الايثانول

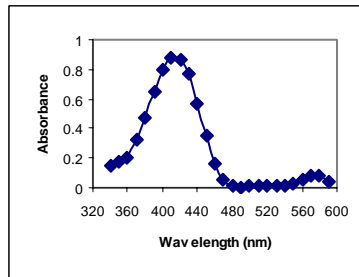
( )	$R_{abs.}$	$\lambda_{Max.(abs.)}$ (nm)	$\Delta\lambda_{(abs.)}$ (nm)
$10^{-4}$	2.84	576	460-630
$10^{-5}$	1.046	575	490-610
$10^{-6}$	0.081	573	540-600



b

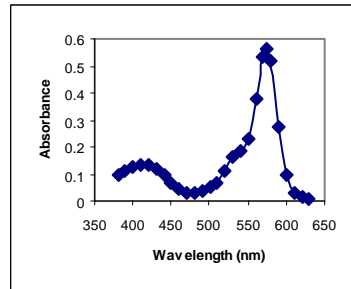


a

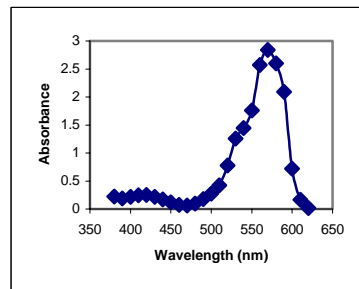


c

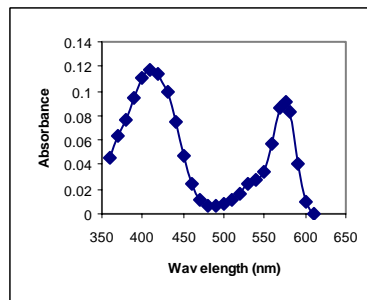
الشكل (10): يوضح اطياف الامتصاص لمزيج من صبغتي الكومارين 522 (مانج) بتركيز  $10^{-4}$  مولاري والرودامين 101 بتركيز  $10^{-4}$ -a  $10^{-5}$ -b  $10^{-6}$ -c مولاري



b

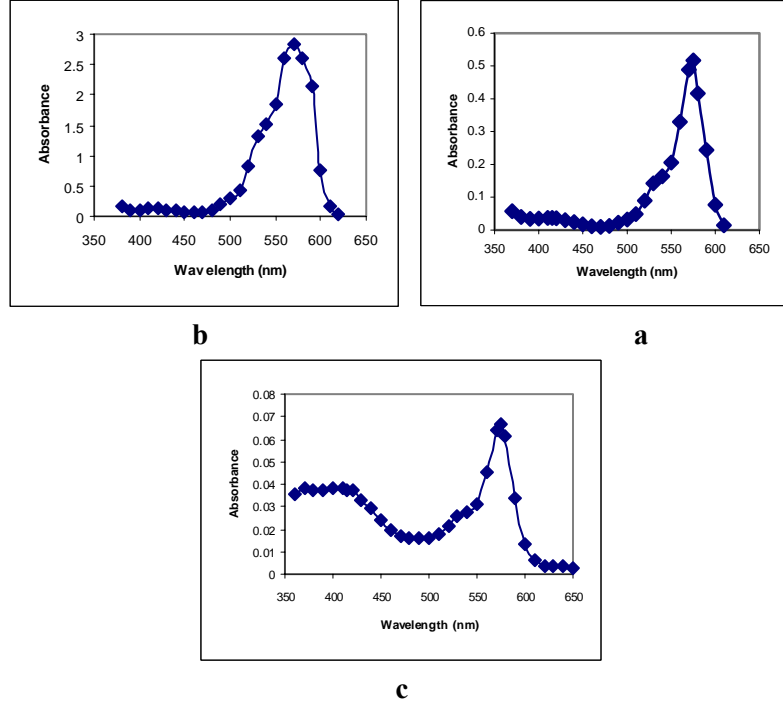


a



c

الشكل (11): يوضح اطياف الامتصاص لمزيج من صبغتي الكومارين 522 (مانج) بتركيز  $10^{-5}$  مولاري والرودامين 101 بتركيز  $10^{-4}$ -a  $10^{-5}$ -b  $10^{-6}$ -c مولاري



الشكل (12): يوضح اطياف الامتصاص لمزيج من صبغتي الكومارين 522 (مانح) بتركيز  $10^{-6}$  مولاري والرودامين 101 بتركيز  $10^{-4}$ -a  $10^{-5}$ -b  $10^{-6}$ -c مولاري

جدول (3): يوضح تأثير تغير التركيز على مقدار الشدة النسبية للامتصاص للمزيج

522 ( )	101 ( )		
	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
$10^{-4}$	0.944	0.769	0.875
$10^{-5}$	0.253	0.133	0.118
$10^{-6}$	0.134	0.037	0.038

جدول (4): يوضح تأثير تغير التركيز على مقدار الطول الموجي للامتصاص للمزيج

522 ( )	101 ( )		
	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
$10^{-4}$	415	415	410
$10^{-5}$	420	415	410
$10^{-6}$	420	415	410

جدول (5): يوضح تأثير تغير التركيز على مقدار المدى الطيفي للامتصاص للمزيج

522 ( )	101 ( )		
	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
$10^{-4}$	340-650	340-610	340-590
$10^{-5}$	390-620	360-630	360-610
$10^{-6}$	390-620	360-610	360-650