

دراسات طيفية وكهربائية على الليجانيد 4-(4-فينيل-2-ثيازوليل أزو)- ريزورسينول
ومعقداته مع بعض الايونات الفلزية
فريد ابراهيم الدسوقي¹

DOI: <https://doi.org/10.54172/mjsc.v26i1.201>

الملخص

حُضر مركب 4-(4-فينيل-2-ثيازوليل أزو)- ريزورسينول (4-(4-phenyl-2'-thiazolylazo)-resorcinol) وتم تعيين ثوابت التآين لهذا المركب (الليجانيد L) وثوابت التكوين لمعقداته مع ايونات الفلزات Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) and Cd(II) بالطريقة الطيفية والجهدية (قياسات الرقم الهيدروجيني) عند 298 كلفن. وكذلك تم دراسة ومناقشة تأثير بعض المذيبات والرقم الهيدروجيني على طيف امتصاص هذا الليجانيد ومعقداته مع الكاتيونات المذكورة. أيضا تم دراسة استخدام هذا الليجانيد في التقدير الطيفي للكاتيونات محل الدراسة. لقد لوحظ تكون معقدات بالمحلول بنسبة 1:2, 1:1 (M:L) لكل الكاتيونات محل الدراسة عدا Cd(II) والذي يكون معقد بنسبة 1:1. أيضا تم إجراء دراسة توصيلية وأكدت نتائجها أن نفس المعقدات تكونت في المحلول.

¹ قسم الكيمياء- كلية الاداب والعلوم (طبرق)- جامعة عمر المختار- 919 البيضاء- ليبيا
© للمؤلف (المؤلفون)، يخضع هذا المقال لسياسة الوصول المفتوح ويتم توزيعه بموجب شروط ترخيص إنباد المشاع الإبداعي CC BY-NC 4.0

المقدمة

البوتاسيوم باستخدام جهاز التحليل الطيفي 5000 FT-IR. كل المواد الكيميائية المستخدمة في هذه الدراسة إما تكون A. R. grade أو منقاة بالطرق الموصى بها (Vogel, 1991). تم تحضير ومعايرة محاليل ايونات الفلزات (0.001 مولر في ماء ثنائي التقطير Bidistilled water باستخدام محلول EDTA ودليل مناسب. تم تحضير محلول 0.01 مولر من الليجاندا في مذيب الايثانول. تمت معايرات التوصيل والرقم الهيدروجيني (pH) في مذيب 50% (حجم/حجم) (ايثانول-ماء) عند 298 كلفن كما ذكر في دراستنا السابقة⁽⁹⁾ باستخدام جهاز قياس pH من النوع (Mettler Toledo MP220) وجهاز قياس التوصيل الكهربي من النوع (Jenway). تم توصيل كلا الجهازين بحمام مائي مزود بمنظم حرارى من النوع (MLW Prufgerate-Werk). لضبط درجة الحرارة عند 298 ± 0.15 K. نسبة الخطأ في قياسات التوصيلية $1 \mu\text{s cm}^{-1} \pm 0.1$. استخدم جهاز تحليل طيفي UV-VIS spectrophotometer Jasco 550 للحصول على طيف الامتصاص. المحاليل المنظمة المستخدمة كانت من نوع Britton modified universal series (1952).

تحضير الليجاندا: حُضِر الليجاندا 4-

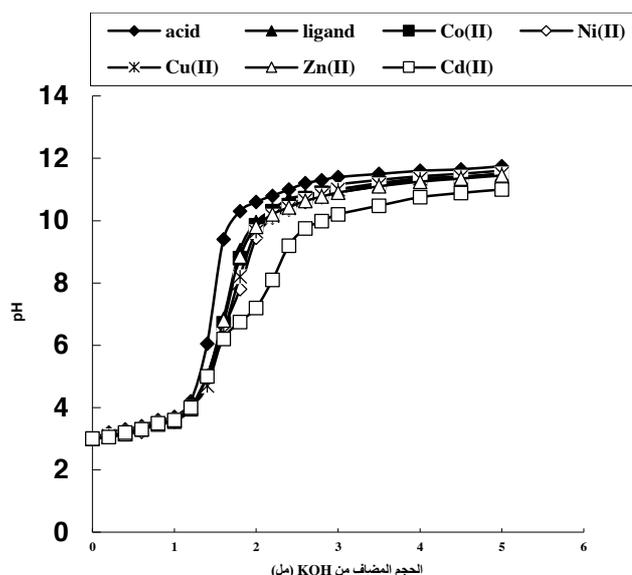
فينيل-2-امينو ثيازول من تكثف الثايوريوريا مع البرومواسيتوفينون (Elnagadi et. al. 1976). تم تحويل 2-امينو ثيازول ومشتقاته إلى ملح

إن أهمية مركبات الازو تظهر من حقيقة أنها تمثل أكثر من 60 % من العدد الكلى للصبغات (Allen 1970), Fabian (1980). تستخدم بعض صبغات الازو استخدمت للتقدير الطيفي لبعض الفلزات الانتقالية Marczenko (1976), Martin and Bereman (1991), Chaisuksant et. al. (2000). لقد وجدت مركبات الثيازويل ازو اهتمام كبير نظرا لحساسيتها واختياريتها المرتفعة. وتم دراسة كثير من التطبيقات التحليلية لمشتقات الثيازول. و تستخدم صبغات الرزورسينول لتقدير العديد من الفلزات الانتقالية طيفي Visser et. al. (2000), Wen-Bin and Li-Zhong (1985). وفي دراستنا السابقة ودراسات أخرى (El-Ansary et. al. 1984), El-Seify and El-Dossoki (2006) تم استخدام بعض صبغات الازو لبعض الهيتيروامينات كعوامل تحليل لتقدير كميات ضئيلة من بعض الفلزات الانتقالية. البحث الحالي يهدف إلى الدراسة الطيفية، الجهدية (الرقم الهيدروجيني pH) والتوصيلية لليجنند المذكور مع كاتيونات الكوبالت والنيكل والزنك والكادميوم عند 298 كلفن.

مواد وطرق البحث

قيس طيف الأشعة تحت الحمراء IR-Spectra لليجنند محل الدراسة في قرص من بروميد

(I): مبينة في الجدول رقم (I): $(C_{15}H_{11}O_2N_3S)$ وبتعيين درجة انصهار
 C = 60.60% (60.80%), N = 14.14%
 الليجاند وجد أنها أكبر من 350 درجة مئوية. (14.10%), H = 3.70% (3.60%) and S =



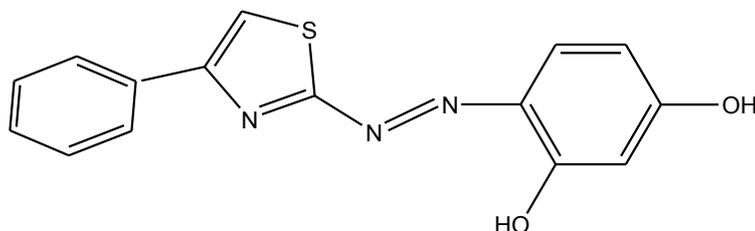
شكل | منحنيات معايرت التوصيل للليجانند مع ايونات الفلزات المستخدمة

جدول I: نتائج التحليل العنصرى للليجانند - (4-فينيل-2-ثيازوليل أزو) ريزورسينول حسب الصيغة
 الأولية $(C_{15}H_{11}O_2N_3S)$

N		C		H		المركب
عملية	محسوبة	عملية	محسوبة	عملية	محسوبة	
14.10 %	14.14 %	60.80 %	60.60 %	3.60 %	3.70 %	$C_{15}H_{11}O_2N_3S$

التحليل الطيفى للليجانند IR: يُظهر El-Seify and El-Dossoki (2006). يمكن اعتبار
 الليجانند weak broad band في المدى 3400- 3300 سم⁻¹ نتيجة تردد الشد لمجموعة الهيدروكسيل
 هذا التردد دليل على وجود رابطة هيدروجينية داخلية. كما لوحظ موجتين امتصاص الأولى عند

1088 سم⁻¹ والثانية في المدى 1207-1244 سم⁻¹ N=N وموجة أخرى عند 1300 سم⁻¹ والتي تشير¹ والتي ربما تشير إلى OH δ and γ. وكذلك يُظهر إلى الرابطة C-N. والتركيب الكيميائي لليجانـد الليجانـد موجة عند 1400 سم⁻¹ لوجود مجموعة يظهر في شكل (II).

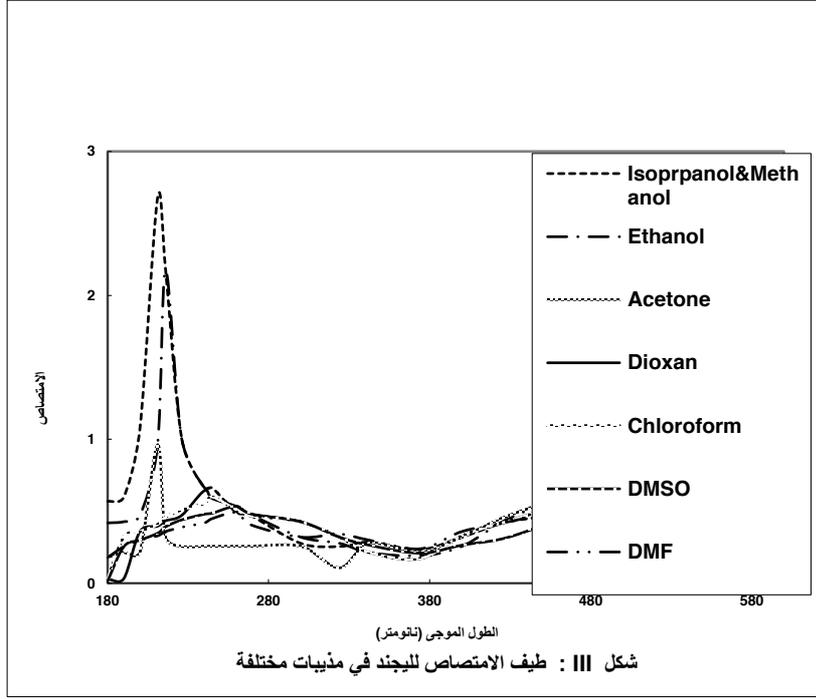


شكل (II): الشكل البنائي لليجانـد 4-4-4-فينيل-2-تيازوليل أزو) ريزورسينول (C₁₅H₁₁O₂N₃S)

النتائج و المناقشة

والتي تشير إلى الانتقال الإلكتروني الموضعي ذات الطاقة المتوسطة $\pi-\pi^*$ (I_A - I_{Bb}) داخل جزئ البنزين (Suppan (1969) والذي يلاحظ من القيمة المرتفعة للامتصاصية المولارية (ε) (10⁴). والموجة الثانية عند 475 نانومتر والتي تشير إلى الانتقال الإلكتروني $\pi-\pi^*$ داخل مجموعة الأزو والمتأثر بالانتقال الجزئي الداخلي داخل الجزئي ككل Jaffe et.al. (1958).

1. تأثير المذيب على طيف الامتصاص الإلكتروني لليجانـد: يبين الجدول رقم (II) قيم الطول الموجي الأعلى (λ_{max}) و الامتصاصية المولارية (ε) لطيف الامتصاص الإلكتروني لليجانـد في بعض المذيبات المختلفة وموضحة بالشكل (III). يُظهر طيف الليجانـد (تركيز 5.0X10⁻⁵ M) في الايثانول موجتان، الموجة الأولى عند 220 نانومتر



جدول II: تأثير المذيب على طيف امتصاص الليجاند

λ ($\epsilon \times 10^{-4}$)	λ ($\epsilon \times 10^{-4}$)	λ ($\epsilon \times 10^{-4}$)	المذيب
478.0(1.20)	—	216.0(4.30)	ايثانول
462.0(1.02)	—	211.5(5.36)	ميثانول
464.0(1.13)	—	211.0(5.86)	ثنائي ميثيل فورماميد
493.0(1.26)	—	269.0(0.97)	ثنائي ميثيل سلفوكسيد
497.0(1.30)	—	260.0(1.08)	كلوروفورم
462.0(1.03)	339.5(0.53)	245.0(1.19)	دايوكسان
459.0(1.02)	340.0(0.57)	240.0(1.32)	يزوبوتانول
460.0(1.11)	340.5(0.57)	211.5(1.97)	أسيتون

λ (نانومتر)، ϵ (مول⁻¹ سم⁻¹)

من المعلوم أن الموجات الطيفية الناتجة عن الانتقالات الموضعية تكون حساسة للتغيرات البيئية (Ledger and Suppan, 1967). إن تأثير المذيب من ظهور تغير في الخواص الضوئية، الامتصاصية (ϵ) و الطول الموجي الأعلى (λ_{max}). وبصفة عامة فإن طيف الامتصاص في المذيبات المختلفة يتأثر بالخواص الفيزيائية للمذيب من أهمها: العزم ثنائي القطب ، ثابت العزل و معامل الانكسار، الفرق في طاقة الإذابة من مذيب لآخر، التغير في القطبية والعزم ثنائي القطب للمذاب التي تظهر خلال عملية الإثارة. وبذلك يكون تأثير المذيب محصلة لعدة عوامل والتي يمكن أن تتجمع مع بعضها أو يلغى بعضها البعض.

$$v' = v'' + s\pi^* + a\alpha + b\beta \quad (2)$$

حيث s و a و b هي مؤثرات تعتمد قيمتها على درجة ارتباط العوامل الثلاث السابقة (π^* , α , β) مع قيمة العدد الموجي (v') المستنتجة. يعتبر π^* مقياس للقطبية العامة

للمذيب، حيث إنها تبين الارتباط الجيد بالانتقال الطيفي الالكتروني $\pi-\pi^*$, $p-\pi^*$ بينما تشير (α), (β) إلى قوة الرابطة الهيدروجينية. ومن العوامل الأخرى الخاصة بالمذيب والتي يمكن أن تؤخذ في الاعتبار الطاقة الجزئية (E_r) و Kamlet et. al. (1981) و Z -values حساسة للتأثيرات القطبية والرابطة الهيدروجينية والتأثيرات الأخرى مثل قوى الانتشار والقيمة المرتفعة Z تعني طاقة انتقالات مرتفعة. كلما زاد تأثير المذيب على الزوج الايوني في الحالة الأرضية مقارنة بالحالة المثارة الأقل قطبية، يؤدي قلة طول موجة الجزئي الداخلي (CT) لذلك فإن قيم Z تعتبر مقياس مباشر لسلوك الإذابة للمذيب. قيم Z تعتمد على درجة الحرارة وتركيز الالكتروليت. وحيث أن قيم Z تعكس التأثيرات ثنائي القطب-

الفرق القطب ، ثابت العزل و معامل الانكسار، الفرق في طاقة الإذابة من مذيب لآخر، التغير في القطبية والعزم ثنائي القطب للمذاب التي تظهر خلال عملية الإثارة. وبذلك يكون تأثير المذيب محصلة لعدة عوامل والتي يمكن أن تتجمع مع بعضها أو يلغى بعضها البعض.

وظهور الإزاحة الحمراء في طيف المذيبات الغير قطبية يعزى إلى طاقة الإذابة للانتقال ثنائي القطب (Midwinter and Suppan (1969) أو التفاعلات التفريقية Bayliss and Wills (1972), Suppan (1972), (1950). لبيان إن الإزاحة للموجة هو نتيجة التغير في طاقة الإذابة أو تأثيرات العزل الكهربائي فان العلاقة (Das et. al.(1967) يمكن تطبيقها في المعادلة التالية:

$$v' = \left\{ (a-b)(n^2 - 1/2n^2 + 1) \right\} + b \quad (1)$$

$$(D-1)/(D+1)$$

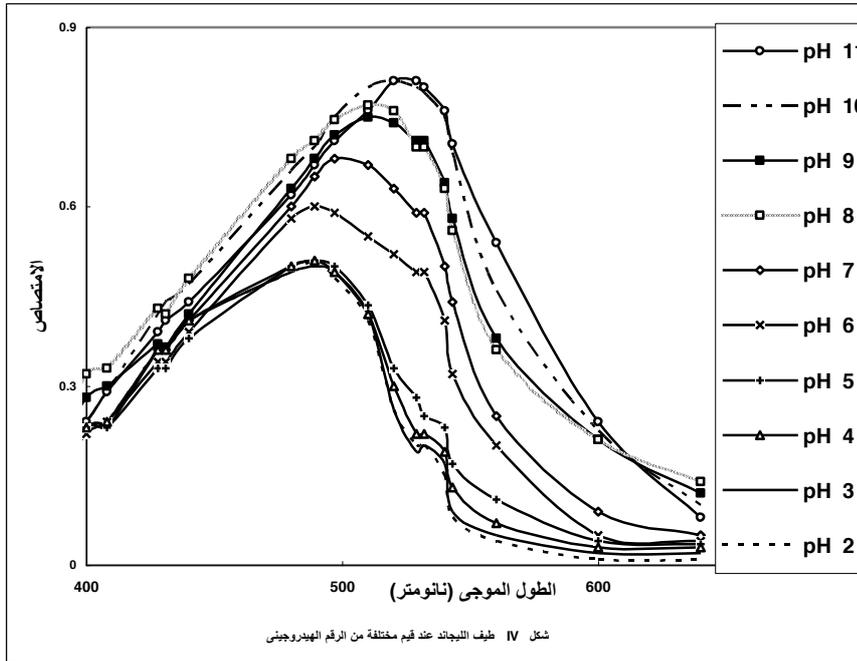
حيث n و D هي معامل الانكسار وثابت العزل للمذيب، a و b ثوابت خاصة بالمذيب والتي ترتبط بشكل ملحوظ مع طاقة الانتقال (Suppan (1968). إن التأثير الكلي

ثنائي القطب و المذاب-المذيب، فإنها تعطى ارتباط ضعيف في المذيبات الغير قطبية. وفي هذا البحث، ظهرت العلاقات البيانية ل $D-1/D+1$ و $\Phi(D)$ مع (λ_{max}) أو (ν') ليست علاقات بيانية خطية بشكل واضح وهذا يمكن أن يدل على أن الإزاحة الطيفية لا تتأثر بشكل بسيط بهذه العوامل. بشكل أكبر فان العلاقة البيانية ل (λ_{max}) أو (ν'_{max}) كدالة في $Z-E_r$ values, π^* and β - scales تبين نفس الانحراف عن الخطية. بناء على هذه النتائج، فان هناك مؤثرات أخرى تؤثر على الإزاحة الطيفية مثل تثبيت الإذابة للحالة المثارة بالمذيب القطبي والرابطة

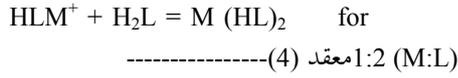
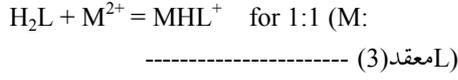
الهيدروجينية بين المذاب والمذيب والتي تؤدي إلى زيادة الإذابة للحزيمات Yokoyama et. al. (1989).

تأثير pH على طيف الامتصاص الالكتروني لليجند:

ظهر الليجاند المحضر كمسحوق احمر-برتقالي يذوب في الكحول ومحلوله يرتقالي في الوسط الحمضي ورتدي في الوسط القاعدي. قيم pH المثلي للمعقدات المحضرة مدرجة بالجدول (III) وطيف الامتصاص لليجاند عند قيم مختلفة من pH موضحة بالشكل (IV).



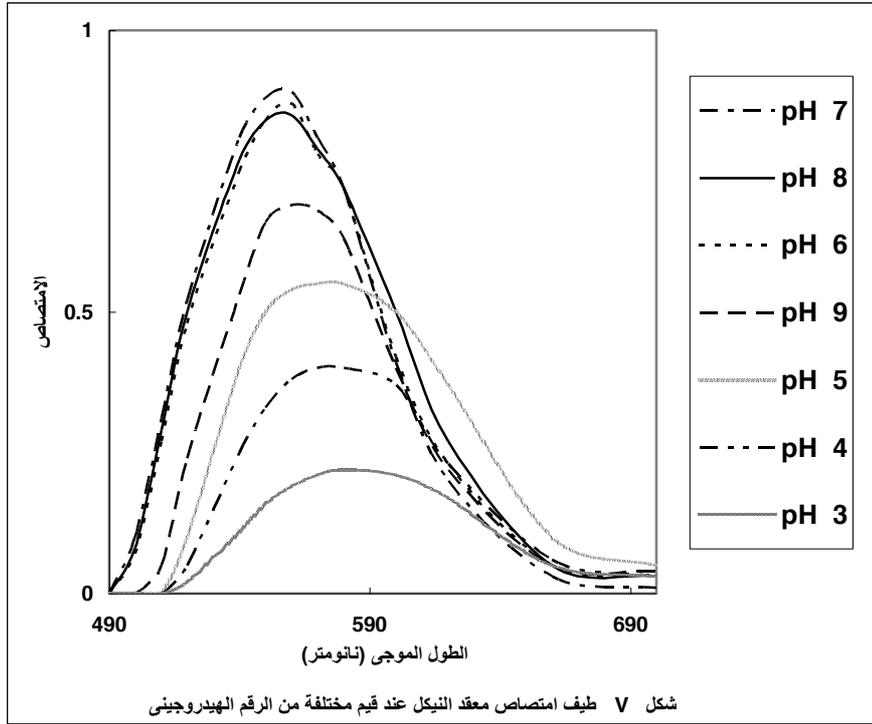
التفاعل المقترح بين الفلز والليجاندا كما



يلي:

pH الامثل عند ظهور اللون الأحمر البنفسجي

لمعقدات الليجاندا مع Co (II), Ni (II), Cu (II), Zn (II) and Cd (II) وكذلك الطول الموجي الأعلى مبينة بالجدول رقم (3) وموضحة بالشكل (V) لمعقد Ni كمثال، حيث اخذ الليجاندا كمرجع (الحالة c في الجدول III).



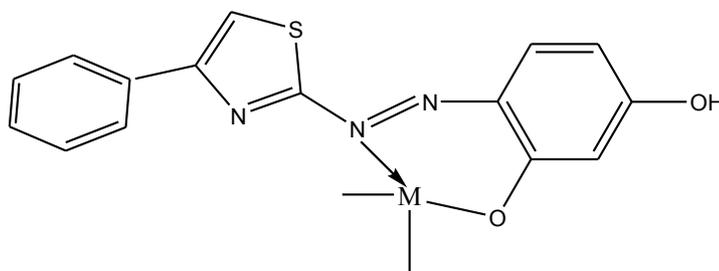
ج- تحقيق قانون بيير Beer's law

verification: لقد وجد أن النتائج المتحصل عليها تحقق قانون بيير لتركيزات up to 2.96, 2.95, 2.92, 2.94 and 2.24 ppm or 4.658×10^{-5} ,

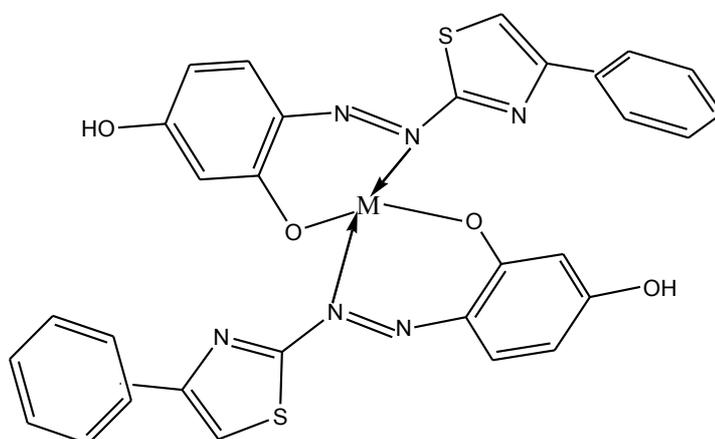
ب- تأثير الزمن: ودراسة تأثير الزمن

على ثبات بعض المعقدات. وجد أن شدة لون المعقدات ثابتة ولا تتغير خلال 48 ساعة.

الميثانول والايثوبروبانول. التركيب المقترح للمعقدات
المكونة في المحلول هو:
 5.000×10^{-5} , 4.974×10^{-5} , 4.497×10^{-5} and
Cu (II), Co (II), للفلزات 1.993×10^{-5} molar
Ni (II), Zn (II) and Cd (II) على التوالي في



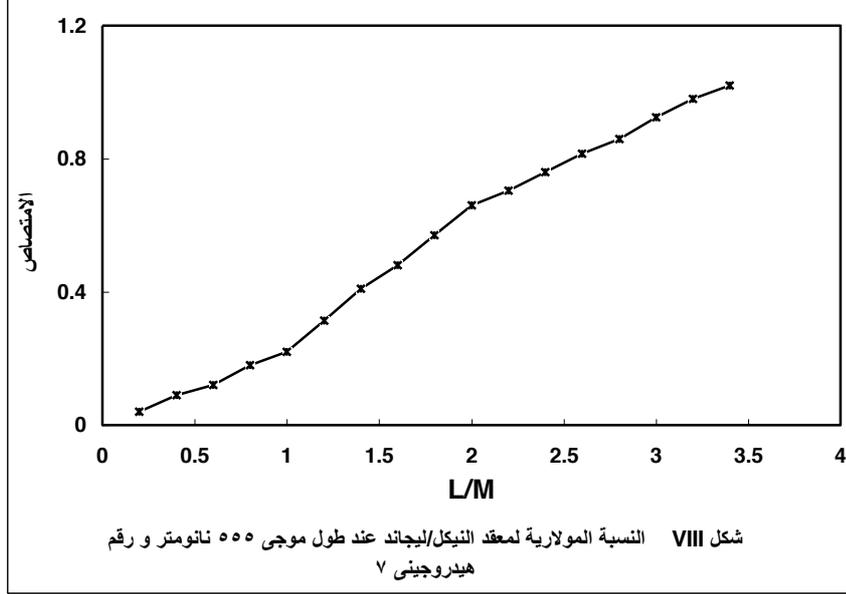
شكل VI: الشكل البنائي المقترح للمعقد المتكون في المحلول عندما يكون التركيز بين الفلز والليجاند (1:1)
M:L)



شكل VII: الشكل البنائي المقترح للمعقد المتكون في المحلول عندما يكون التركيز بين الفلز والليجاند (1:2)
M:L)

د- مكونات المعقدات **composition of the complexes**
الطريقتين تبين تكون معقدات من النوع (1:1) تم تعيين مكونات وثوابت تكوين
المعقدات بطريقتي التغير المستمر والنسبة الجزئية and 1:2 (M: L) لكل الفلزات المستخدمة عدا
Cd (II) والذي يكون فقط معقد (1:1). والنسبة ل
Yoe and Jones (1944) (جدول IV)، كلا

VIII في حالة Ni كمشال موضع بالشكل VIII .



جدول IV: ثوابت تكوين المعقدات محل الدراسة

طريقة التغير المستمر (طريقة النسبة الجزئية)		
1:2 (ليجانند:فلز)	1:1 (ليجانند:فلز)	ايون الفلز
7.82(7.79)	4.36(4.25)	Co ²⁺
7.85(7.88)	4.21(4.28)	Ni ²⁺
9.60(9.56)	5.26(5.31)	Cu ²⁺
8.18(8.22)	4.62(4.58)	Zn ²⁺
-	4.30(4.34)	Cd ²⁺

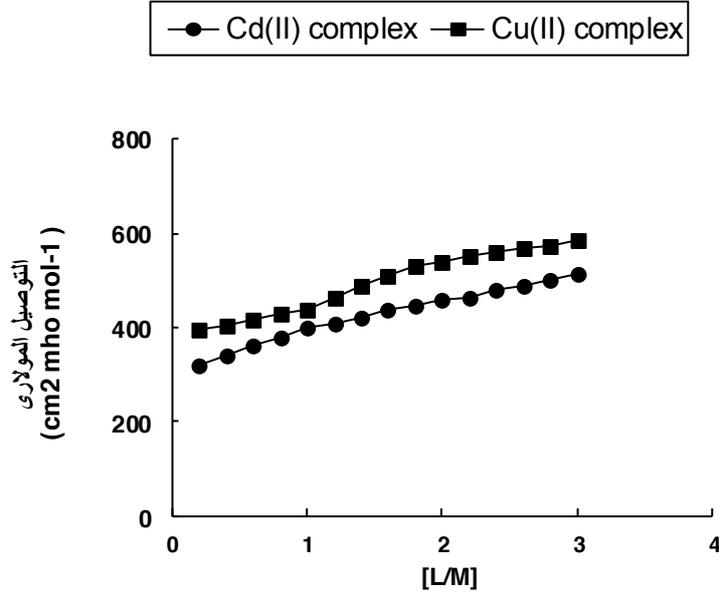
ثانيا: الدراسة الجهدية:
 هي قيم pH عند n_A^- تساوى 0.5 و 1.5 على التوالي. وقيم pK_1^H and pK_2^H المتحصل عليها تم إعادة حسابها (re-calculated) refined باستخدام برنامج كمبيوتر ESAB2M computer البرنامج عندئذ تكون قيم pK_1^H و pK_2^H بالتحرف De Stefano et. al. (1987) program

ثالثا: دراسة التوصيلية:

2 لكل الايونات عدا والكادميوم والذي يعطى

كسرة فقط عند [L/M] ratio تساوى 1. هذه النتائج تبين تكون معقدات من النوع 1:1 and 1:2 (M: L) stoichiometric complexes Rounaghi et. al. (2007) وهذه النتائج تتفق مع النتائج المتحصل عليها من الدراسة الجهدية والطيفية.

تم دراسة عمليات تكوين المعقدات المختلفة في المحاليل المائية وغير المائية باستخدام قياسات التوصيلية (El-Dossoki et. al. (2010), Rounaghi et. al. (2007). إن معايرة الليجانند مع ايون الفلز قد أجريت كما سبق⁽¹¹⁾. العلاقة البيانية بين التوصيل المولارى (Λ) ($\text{Mho cm}^2 \text{ mol}^{-1}$) و نسبة تركيز الليجانند إلى تركيز الفلز [L/M] المبينة بالشكل IX تعطى خط مستقيم به كسرتان عند [L/M] تساوى 1 وأخرى عند [L/M] تساوى



شكل IX منحنيات معايرات التوصيل لليجانند مع ايونى النحاس والكادميوم

**Spectrophotometric and Electric Studies on the Ligand
4-(4-Phenyl-2-Thiazolylazo) Resorcinol and Its Complexation
with Some Metal Ions
Farid I. El-Dossoki¹**

Abstract

The ligand 4-(4-phenyl-2-thiazolylazo)-resorcinol (L) was prepared. The ionization constants of the ligand (pK_a) and the stability constants of their complexes with Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) and Cd(II) have been estimated spectrophotometrically and pH-metrically at 298 K. The effect of some organic solvent and the pH on the absorption spectra of the ligand and its complexation with above cations was studied and discussed.

The use of this ligand for spectrophotometric determination of the cations under investigation was also studied. Stoichiometric complexes with ratios 1:1 and 1:2 (M:L) were formed for all used cations except Cd(II) which form only 1:1 stoichiometric complex. Also conductometric study has been carried out and the results show that the same stoichiometric complexes have been formed in solution.

¹ Chemistry Department, Faculty of Arts and Science (Tobruk) - Omar El-Mokhtar University – Al-Beida – Libya.

المراجع

- *Abdel-Mageed, K. A. (1996) Ms. Thesis. Physico Analytical Studies on Some Heterocyclic Azo Dyes and their Metal complexes with Some transition Metals. Fac. Of Science, Suez- Canal Univ., Egypt.
- *Allen, R. L. M. (1970) Colour Chemistry. Nelson, London.
- *Bayliss, N. S., G. Wills-Johnson (1950) Solvent effects on the intensities of the weak ultraviolet spectra of ketones and nitroparaffins. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 18,292.
- *Britton, H. T. S. (1952) Hydrogen Ions. 4th ed. Chapman and Hall, London.
- *Chaisuksant, R., W. Palkawong-nayuthaya, K. Grudpan (2000) Spectrophotometric determination of copper in alloys using naphthazarin. *Talanta*, 53(3),579-585.
- *Das, M., E. Rabinowitch, L. Szalay, G. Papageorgiou (1967) Sieve-effect, in *Chlorella suspensions*. *J. Phys. Chem.*,71 (11), 3543–3549.
- *De Stefano, C., P. Princi, C. Rigano, S. Sammartano (1987) Computer Analysis of Equilibrium Data in Solution. ESAB2M: An Improved Version of the ESAB Program. *Ann. Chim. (Rome)*, 77, 643- 675.
- * El-Dossoki, F. I., M. S. Refat, I. Grabchev (2007) Potentiometric and Conductometric Studies on 3-Azomethine Substituted of Benzanthrone dyes. *Oriental J. of Chem.* 23(1), 119-128.
- *El-Dossoki, F. I.; A. F. Shoair, N. M. Hosny (2010) Hydroxycoumarine azodye, Thermal Stability, Harmonic Vibrational Spectra, Conductance and pH Measurements. *J. Chem. & Eng. Data*, 55(1)267-272.
- *El-Ansary, A. L., Y. M. Issa,, A. A. Ali (1984) Stability Constants of Dioxouranium (VI) Complexes with Some 5-(Arylazo)-8-hydroxyquinolines. *Indian J. Chem.* 22A, 933-936.
- *El-Seify, F. A., F. I. El-Dossoki (2006) Spectrophotometric, Ph-metric and conductometric Studies on Some 3-Arylhydrazone Derivatives of (2-thenoyl) ethylpyruvate. *J. Korean Chem. Soc.* 50, 299.
- * Elnagadi, M. H., M. R. H. El-Moghager, D. H. Fieita, E. A. A. Nafez, S. M. Fahmy (1976) Pyrimidine derivatives and related compounds. 4. A route for the synthesis of pyrazolo [3,4-e]-as-triazines, pyrazolo[3,4-d]pyrimidines, and pyrazolo[1,5-c]-as-triazines. *J. Org. Chem.*,41 (24), 3781–3784.
- * Fabian, J. (1980) Hartman, J. Light absorption of organic colorants. Springer-Velag.
- *Ghoneim, N.; P. Suppan (1995) Solvatochromic shifts of non-dipolar molecules in polar solvents. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 51(6), 1043-1050.
- *Irving, H., M H. S. Rossotti, (1953) Methods for Computing Successive Stability Constants from Experimental Formation Curves. *J. Chem. Soc.*, 3397-3405.

- * Jaffe, H. H., S. J. Yeh, R. W. Gardner (1958) The electronic spectra of azobenzene derivatives and their conjugate acids. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 2 (1-6), 120-136.
- *Kamlet, M. J., R. W. Taft, (1976) The solvatochromic comparison method. I. The .beta.-scale of solvent hydrogen-bond acceptor (HBA) basicities. *J. Am. Chem. Soc.*, 98 (2), 377-383.
- *Kamlet, M. J., C. Dickinson, R. W. Taft, (1981) Linear solvation energy relationships Solvent effects on some fluorescence probes. *Chemical Physics Letters*, 77 (1), 69-72.
- *Ledger, M. B., P. Suppan, (1967) Spectroscopic studies of electron distribution *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 23 (3), 641-653.
- * Marczenko, Z. (1976) *Spectrophotometric Determination of Elements*. Wiley, New York.
- *Martin, E. M., R. D. Bereman (1991) Synthesis and characterization of neutral Ni(II) and Cu(II) complexes with bidentate [NS]₁- ligands. *Inorganica Chimica Acta*, 188(2), 233-242.
- *Midwinter, J., P. Suppan (1969) Spectral shifts in solvent mixtures *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 25(5), 953-958.
- *Omar, M. (2002) Spectroscopic, Spectrophotometric and Potentiometric Studies on)-3naphthazo)-5-Phenylpyrazolen Dye and Its Metal Chelates. *Annali. Di Chimica*, 92, 601-614.
- * Rounaghi, G. H., M. H. A. Zavvar, A. Saremi (2007) Study of Complexation Reactions Between Alkali and Alkaline- Earth Metal Cations With Dibenzo-18-Crown-6(DB18C6) in Mixed Nonaqueous Solvents Using the Conductometry Method. *Russ. J. Inorg. Chem.* 2007, 52(1), 134-140.
- *Reichard, C. (1988) *Solvent and Solvent Effect In Organic Chemistry*", 2nd ed. VEH, Weinheim.
- *Suppan, P. (1969) Charge-transfer states in aromatic molecules: π - π^* States. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 30(1-3), 17-28.
- *Suppan, P. (1972) Spectral shifts in non-polar solvents. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 28(3) 599-600.
- *Suppan, P. (1968) Polarizability of excited molecules from spectroscopic studies, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 24(8), 1161.
- *Stanley, R. W., G. E. Cheney (1966) Metal complexes of 4-(2'-thiazolylazo)-resorcinol: A comparative study with 4-(2'-pyridylazo)-resorcinol. *Talanta*, 13(12), 1619-1629.
- * Sabatini, A., A. Vacca, P. Gans, (1992) Mathematical algorithms and computer programs for the determination of equilibrium constants from potentiometric and spectrophotometric measurements. *Coordination Chemistry Reviews*, 120(1), 389.
- *Taft, R. W., M. J. Kamlet, (1976) The solvatochromic comparison method. 2. The alpha.-scale of solvent hydrogen-bond donor (HBD) acidities. *J. Am. Chem. Soc.*, 98 (10), 2886-2894.
- *Visser, A. E., S. T. Griffin, D. H. Hartman, R. D. Rogers, (2000)

Naphthol- and resorcinol-based azo dyes as metal ion complexants in aqueous biphasic systems. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 743(1-2), 107-114.

*Vogel, H. I. (1991) *Practical Organic Chemistry Including Quantitative Organic Analysis*. 5th Edit. Longmans, London.

*Wen-Bin Qi; Li-Zhong Zhu. (1985) Spectrophotometric determination of trace amounts of cadmium and zinc in waste water with 4-(2-pyridylazo)-resorcinol and mixed ionic and non-ionic surfactants. *Talanta*, 32(10), 1013-1015.

*Yokoyama, T.; T. Komaki, H. Sato, R. W. Taft, F. Anvia (1989) Resonance and solvent effects on absorption spectra. 7. Substituent solvation effects on nitrogen-15 chemical shifts of para-substituted anilines and meta-substituted 2-nitroanilines. *J. Org. Chem.*, 54 (16), 3983-3984.

*Yoe, J. H., A. L. Jones (1944) Colorimetric Determination of Iron with Disodium-1,2-dihydroxybenzene-3,5-disulfonate. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 16 (2), 111-115.

*Zollinger, H. (1961) *Azo and Diazo Chemistry, Aliphatic and Aromatic Compounds*. Interscience, New York.