

## بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی شناسی ایران 26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

### بررسی رفتار کوئوردیناسیونی پیریدین-۲،۶-دی کربوکسیلیک اسید ان-اکساید و لیگاند همراه پیرازین در مجاورت یون فلزی مس

زهرا حیدرعلیزاده کفشدار، مسعود میرزائی\*، مریم بازرگان

گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

پست الکترونیک: [mirzaeesh@um.ac.ir](mailto:mirzaeesh@um.ac.ir)

#### چکیده

مهندسی کریستال به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای طراحی و ساخت فرامولکول‌ها با ویژگی‌های ساختارهای منحصر به فرد و خواص فیزیکی منعطف به‌شمار می‌رود. اخیراً لیگاندهای اکسیژن دهنده به دلیل برخورداری از خواص پزشکی مورد توجه بسیاری قرار گرفته‌اند، به ویژه وقتی به فلزات مهم زیستی متصل می‌شوند. افزون بر این، لیگاندهای نیتروژن دهنده دارای الکترون‌های  $\pi$  نیز کاربردهای زیادی در زمینه فرامولکول‌ها و پلیمرهای کوئوردیناسیونی دارند. یک هدف برای استفاده‌ی همزمان از مخلوط لیگاند در واکنش‌ها، بالا بردن کارایی ترکیب نهایی و افزودن برخی خواص به آن ترکیب است. با توجه به آنچه که در بالا توضیح داده شد در ادامه سنتز یک کمپلکس کوئوردیناسیونی جدید بر پایه‌ی پیریدین-۲،۶-دی کربوکسیلیک اسید ان-اکساید ( $H_2pydco$ ) به عنوان لیگاند اکسیژن دهنده، پیرازین به عنوان لیگاند پلساز و نمکی از فلز مس(II) گزارش خواهد شد. بر اساس نتایج به دست آمده از تجزیه عنصری، طیف سنجی زیر قرمز و اندازه‌گیری نقطه ذوب، فرمول پیشنهادی برای این ترکیب به صورت  $[Cu(pydcO)(H_2O)_2]_2(\mu-pyz) \cdot 2H_2O$  است.

**کلیدواژه‌ها:** پیریدین-۲،۶-دی کربوکسیلیک اسید ان-اکساید، پیرازین، مس، شیمی سوپرامولکول‌ها، مهندسی کریستال.

### Investigation of the coordination behavior of pyridine-2,6-dicarboxylic acid *N*-oxide and pyrazine toward copper ion

Zahra, Heidaralizadeh kafshdar ; Masoud, Mirzaei\* ; Maryam, Bazargan

Department of Chemistry, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, 917751436, Mashhad, Iran

E-mail: [mirzaeesh@um.ac.ir](mailto:mirzaeesh@um.ac.ir)

#### Abstract

Crystal engineering based on self-assembly provides a powerful tool for the design and construction of supramolecules with unique structural motifs and tunable physical properties. As we know, *O*-donor ligands are of particular interest because they have significant medical property especially when they are connected to biologically important metals. Furthermore, bridging *N*-donor  $\pi$ -electron-deficient ligands have numerous applications in supramolecular chemistry and coordination polymers. One purpose of using mixed ligands is to enhance some properties in the final structure. Therefore, herein we report the synthesis of a coordination complex based on pyridine-2,6-dicarboxylic acid *N*-oxide ( $H_2pydco$ ) as an organic *O*-donor ligand and pyrazine as a bridging ligand and Cu(II) ion. According to elemental analysis, FT-IR spectroscopy and melting point data, our compound could be formulated as  $[Cu(pydcO)(H_2O)_2]_2(\mu-pyz) \cdot 2H_2O$ .

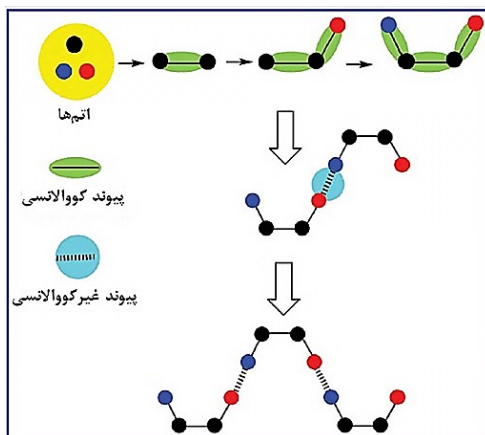
**Keywords:** : Pyridine-2,6-dicarboxylic acid *N*-oxide, pyrazine, Copper, crystal engineering, supramolecular chemistry.

## بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی شناسی ایران 26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

### ۱- مقدمه

امروزه شیمی دانان با بکارگیری مجموعه‌ی وسیع از دانشی که دارند به دنبال سنتز ترکیب‌هایی با ویژگی فیزیکی و شیمیایی منحصر بفرد هستند. در سال ۱۹۸۹ دزی راجو با استفاده از مطالعات کریستالوگرافی و اطلاعاتی که از شیمی ساختاری ترکیبات بدست آورد تعریفی را برای طراحی هدفمند تحت عنوان مهندسی کریستال مطرح کرد. بر این اساس مهندسی کریستال در واقع درک برهم‌کنش‌های بین‌مولکولی اتفاق افتاده بین واحدهای ساختمانی کریستال است و اینکه در نهایت بتوان با استفاده از برهم‌کنش‌های غیرکووالانسی، واحدهای ساختاری کریستالها را طوری کنار هم چید که فرآورده‌ی نهایی خواص مطلوبی داشته باشد (شکل ۱) [۳-۱]. با این حال کنترل این نیروهای بین‌مولکولی برای تشکیل کریستال دلخواه خیلی مشکل است و یک محدودیت جدی برای این زمینه است. اما با بررسی بیشتر گروه‌های عاملی لیگاندها، مراکز فعال فلزی و با شناخت هندسه‌ی ویژه‌ی هر یک از برهم‌کنش‌های بین‌مولکولی، میتوان با خطای کم‌تری ساختارهای کریستالی با خواص مطلوب را طراحی و تولید کرد.



شکل ۱: نمایش تشکیل خودتجمعی در مولکول‌ها از طریق برهم‌کنش‌های غیرکووالانسی

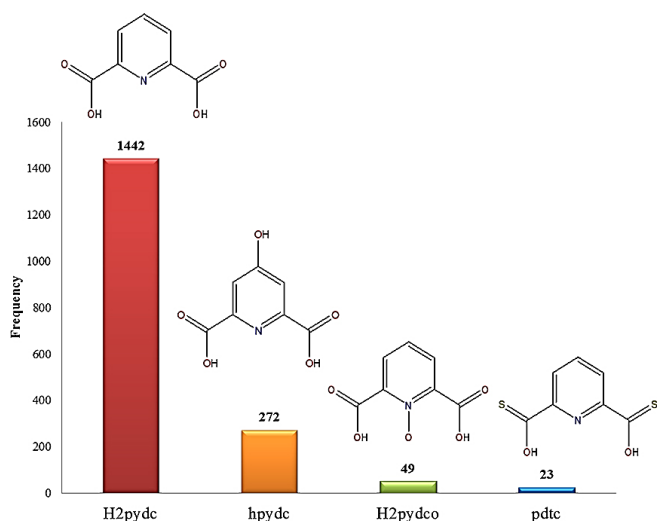
در دهه‌های اخیر استفاده از گروه عاملی کربوکسیلیک اسیدها در صنایع دارویی و شیمی غذایی گسترش چشمگیری یافته است [۴]. همچنین می‌دانیم لیگاندهای پلی‌کربوکسیلات بویژه پیریدین‌پلی‌کربوکسیلات‌ها نقش مهمی را در تشکیل ساختارهای تجمع یافته برعهده دارند. لیگاند پیریدین-۶،۲-دی کربوکسیلیک اسید با تنوع مدهای کوئوردیناسیونی می‌تواند کمپلکس‌های متنوعی را با فلزات متنوع تولید کند که کاربردهای گوناگونی دارند [۵]. مطالعات نشان می‌دهند که کمپلکس‌هایی از فلز وانادیم [۶، ۷] و کبالت [۸] با این لیگاند می‌توانند تاثیر مناسبی در نرمال کردن سطح گلوکز خون در افراد دیابتی داشته باشند و یا از آن به عنوان عامل پاک کننده راکتورهای هسته‌ای از طریق کیلیت شدن با فلزات سنگین مثل اورانیوم استفاده می‌کنند [۹]. همچنین از کاربردهای دیگر آن می‌توان به عنوان میکروبوکس در آب و اکسنده آسکوربیک اسید در غذاها یاد کرد [۱۰]. انتظار می‌رود لیگاند پیریدین-۶،۲-دی کربوکسیلیک

## بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

### 26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

اسید ان-اکساید ( $H_2pydco$ ) دارای چنین خواص مشابهی باشد، افزون بر اینکه مطالعات گسترده‌ای روی تاثیر مشتقات پیریدین ان-اکسایدی به‌عنوان عامل بازدارنده برای گسترش ویروس HIV در حال انجام است [۱۱]. با استفاده از اطلاعات پایگاه داده‌های ساختاری کمبریج CSD در شکل ۲، فراوانی ترکیب‌های سنتز شده بر پایه‌ی لیگاندهای پیریدینی با گروه‌های عاملی متنوع مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تاکنون تنها ۴۹ ترکیب با لیگاند  $H_2pydco$  سنتز شده است و در این مقاله، یک کمپلکس کوئوردیناسیونی جدید از این لیگاند به همراه لیگاند کمکی پیرازین و فلز مس گزارش شده است. لازم به‌ذکر است که لیگاند  $H_2pydco$  بر اساس مقاله سنتز شد [۱۲].



پایه‌ی  
متنوع،

شکل ۲: فراوانی ترکیب‌های سنتز شده بر  
لیگاندهای پیریدینی با گروه‌های عاملی

پیریدین-۶،۲-دی‌کربوکسیلیک اسید  $H_2pydc$ ، ۴-هیدروکسی پیریدین-۶،۲-دی‌کربوکسیلیک اسید  $Hpydc$ ، لیگاند پیریدین-۶،۲-دی‌کربوکسیلیک اسید ان-اکساید  $H_2pydco$ ، پیریدین-۶،۲-بیس(مونوتیو)دی‌کربوکسیلیک اسید  $pdtc$ .

## ۲- مواد و روش‌ها

تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در این مقاله، به‌طور تجاری خریداری و به دلیل خلوص بالا، بدون خالص‌سازی بیشتر استفاده شدند. دستگاه تعیین نقطه‌ی ذوب، مدل 9300 Electrothermal است. طیف زیرقرمز در گستره‌ی  $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$  با قرص‌های KBr به‌وسیله‌ی دستگاه Bomem B-154 Fourier Transform spectrophotometer ثبت شده است. تجزیه‌ی عنصری C، H و N با میکروآنالیزور Thermo Finnigan، مدل 1112 EA انجام شد.

### سنتز ترکیب ۱

ابتدا محلولی از ۰/۱ میلی‌مول پیریدین-۶،۲-دی‌کربوکسیلیک اسید ان-اکساید و ۰/۱ میلی‌مول پیرازین در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت دو ساعت هم زده شد. سپس ۰/۱ میلی‌مول از  $CuCl_2 \cdot 6H_2O$  در ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به محلول فوق افزوده

## بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

### 26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

شد و محلول نهایی سه ساعت دیگر هم زده شد. پس از پایان واکنش، محلول در دمای اتاق قرار داده شد و با تبخیر آهسته ی حلال کریستال‌های لوزی شکل آبی رنگ شفاف بعد از ۲۴ ساعت با بهره ۰.۷۵٪ (بر مبنای  $H_2pydco$ ) به دست آمد. نقطه‌ی ذوب:  $161\text{ }^\circ\text{C}$ . تجزیه‌ی عنصری برای  $C_{18}H_{22}Cu_2N_4O_{16}$  (٪) مقدار محاسبه شده: کربن، ۳۳/۷۰؛ هیدروژن، ۲/۸۱؛ نیتروژن، ۸/۷۳. مقدار تجربی: کربن، ۳۳/۹۸؛ هیدروژن، ۲/۵۹؛ نیتروژن، ۷/۶۳. طیف زیر قرمز ( $cm^{-1}$ , KBr)، ۴۵۲، ۴۷۲، ۵۴۸، ۶۱۹، ۷۱۷، ۷۸۰، ۸۳۲، ۸۵۸، ۹۲۲، ۱۰۶۷، ۱۱۲۰، ۱۱۵۸، ۱۱۹۱، ۱۲۴۴، ۱۳۶۴، ۱۳۹۵، ۱۴۱۰، ۱۴۲۱، ۱۴۷۴، ۱۵۹۶، ۱۶۲۰، ۱۶۴۳، ۳۰۶۳، ۳۰۸۸، ۳۳۸۹، ۳۴۶۸.

### ۳- بحث

#### سنتز و شناسایی

نوع حلال، نوع آنیون همراه یون فلزی و تغییر شرایط واکنش به‌عنوان پارامترهای مهم در فرآیند سنتز ترکیب ۱ می‌تواند نقش داشته باشد، به طوری که با تغییر هر کدام از آنها این امکان وجود دارد که فرآورده‌ی مورد نظر یا تشکیل نگردد و یا اینکه روی بازده و کیفیت محصول نهایی تاثیرگذار باشد. همان‌طور که در بالا اشاره شد، حلال مورد استفاده برای سنتز ترکیب ۱ آب بوده است، اما به منظور بررسی اثر حلال بر تشکیل ترکیب نهایی، واکنش‌هایی با استفاده از مخلوط حلال‌های استونیتریل و آب (نسبت حجمی ۱:۱) و همچنین THF و آب (نسبت حجمی ۱:۱) انجام شد که نتایج نشان داد استفاده از مخلوط حلال باعث کاهش بازده واکنش و همچنین کوچک شدن سایز کریستال و پایین آمدن کیفیت آن می‌شود. بعلاوه واکنش با حلال متانول بجای آب نیز انجام شد و نتیجه آن این بود که بجای کریستال‌های لوزی شکل آبی رنگ، کریستال‌های بسیار بی کیفیت صفحه‌ای سبز رنگ حاصل می‌شود. در سنتز ترکیب ۱ از نمک کلرید مس II استفاده شده است، به منظور بررسی نقش آنیون همراه یون فلزی بر تشکیل ترکیب نهایی، واکنش‌هایی با نمک‌های استات مس II و سولفات مس II نیز انجام شد که در هر دو مورد واکنش با بازده پایین‌تر و کریستال‌های بی کیفیت‌تر حاصل شد. همچنین تغییر شرایط واکنش ترکیب ۱ از دمای محیط به رفلکس باعث افزایش اندازه‌ی کریستال‌ها و کاهش شفافیت آن‌ها شد. بعلاوه با انجام واکنش ترکیب ۱ در شرایط هیدروترمال (دمای ۱۳۰ درجه‌ی سانتیگراد به مدت ۸ ساعت) نیز کریستالی حاصل نگردید.

#### طیف‌سنجی زیر قرمز

مقایسه‌ی بین طیف‌های  $H_2pydco$ ، پیرازین و ترکیب ۱ در شکل ۳ نشان داده شده است. نوارهای پهن مشاهده شده در ناحیه  $3468-3389\text{ }cm^{-1}$  به ارتعاش‌های کششی مولکول‌های آب و همچنین بوجود انواع پیوندهای هیدروژنی  $C-H\cdots O$  و  $O-H\cdots O$  نسبت داده می‌شود. پیدایش دو نوار در نواحی  $1364\text{ }cm^{-1}$  و  $1643\text{ }cm^{-1}$  به فرکانس کششی متقارن و نامتقارن گروه کربوکسیلات مربوط می‌شود. جابه‌جایی این جذبها به فرکانس‌های پایین‌تر (جابه‌جایی قرمز) نسبت به گروه کربوکسیلات لیگاند اسیدی آزاد ( $1401\text{ }cm^{-1}$  و  $1720\text{ }cm^{-1}$ ) بیانگر کوئوردینه شدن این لیگاند به کاتیون فلزی مس می‌باشد. با استفاده از تفاوت بین ارتعاش‌های کششی نامتقارن  $\nu_{as}(COO^-)$  و متقارن  $\nu_s(COO^-)$  گروه کربوکسیلات می‌توان به مدل کوئوردیناسیونی این گروه پی برد. اگر تفاوت بیش‌تر از  $200\text{ }cm^{-1}$  باشد گروه کربوکسیلات بصورت یک دندانه و اگر کم‌تر از این مقدار باشد بصورت دو دندانه

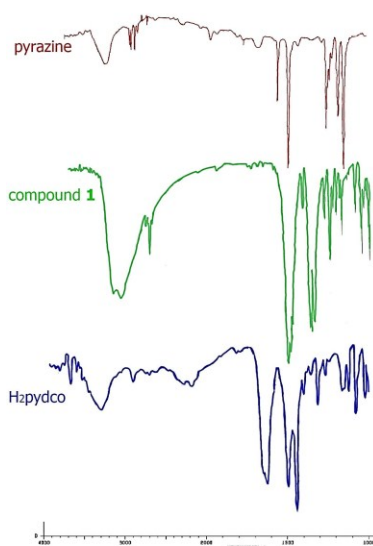


## بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

### 26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

عمل می‌کند [۱۳، ۱۴]. در مورد طیف IR ترکیب ۱ تفاوت فرکانس، کوئوردینه شدن تک دندان گروه کربوکسیلات را نشان می‌دهد. افزون بر این فرکانس کششی گروه N-O در  $1191\text{ cm}^{-1}$  ظاهر می‌شود و مجدداً با مشاهده اثر جابه‌جایی قرمز نسبت به لیگاند آزاد ( $1233\text{ cm}^{-1}$ ) می‌توان نتیجه گرفت که اکسیژن گروه N-O به کاتیون فلزی مس کوئوردینه شده است. همچنین می‌توان نوار جذبی مشاهده شده در فرکانس‌های  $1474\text{ cm}^{-1}$  و  $1596\text{ cm}^{-1}$  را به ترتیب به ارتعاش‌های C=C و C=N در حلقه‌های آروماتیکی نسبت داد. همچنین فرکانس‌های مشاهده شده در  $3063\text{ cm}^{-1}$ ،  $3088\text{ cm}^{-1}$  و  $3124\text{ cm}^{-1}$  را می‌توان به لیگاند پیرازین نسبت داد (مقایسه طیف ترکیب ۱ با لیگاند پیرازین).



شکل ۳: مقایسه ی طیف زیرقرمز لیگاند H<sub>2</sub>pydco، پیرازین و ترکیب ۱

#### بررسی ترکیب ۱

بررسی‌های CSD برای لیگاند H<sub>2</sub>pydc و پیرازین و فلز مس نشان می‌دهد که تنها پنج ترکیب تاکنون گزارش شده است و همه‌ی آن‌ها بصورت دایمر هستند بطوری‌که لیگاند پیرازین بصورت پل دو مرکز فلز مس را بهم متصل می‌کند. همچنین این پنج ترکیب در دو ساختار تقریباً مشابه کریستاله شده‌اند که تنها تفاوت آن‌ها، تعداد آب کوئوردینه شده به فلز مس می‌باشد (شکل ۴) [۱۵، ۱۶]

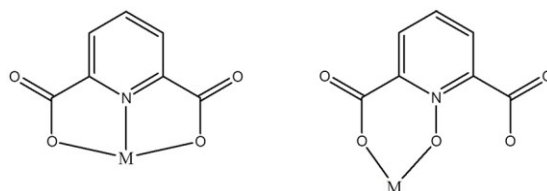
## بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران 26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)



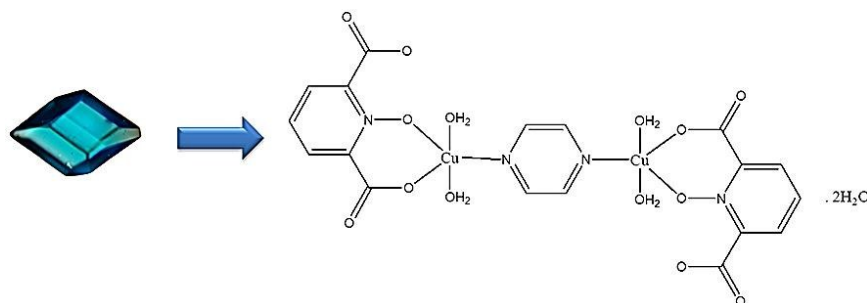
شکل ۴: دو ساختار گزارش شده از pydc و پیرازین و مس.

با توجه به ترکیب‌های کریستالی سنتز شده با لیگاند ان-اکساید ( $H_2pydco$ ) متوجه می‌شویم که این لیگاند برخلاف  $H_2pydc$  که تمایل دارد به صورت سه دندان به فلز متصل شود، بدلیل ازدحام فضایی بوجود آمده بوسیله اکسیژن متصل به نیتروژن حلقه‌ی پیریدین می‌تواند بصورت دو دندان به تشکیل حلقه کیلیت شش عضوی به فلز کودور دینه شود (اسکیم ۱).



اسکیم ۱: مُد کوئوردیناسیونی غالب برای pydc (سه دندان) و pydco (دو دندان).

با توجه به مطالب ارائه شده در دو پاراگراف بالا، و همچنین با توجه به نتایج آنالیزهای انجام شده می‌توان ساختار شکل ۵ را برای ترکیب ۱ پیشنهاد داد که در آن لیگاند  $H_2pydco$  بصورت دودندانه عمل کرده و لیگاند پیرازین باعث ایجاد ساختار دیمری می‌شود. همچنین با بررسی‌های CSD برای لیگانده  $H_2pydco$  متوجه شدیم که ۱۲ ترکیب با این لیگاند و فلز مس گزارش شده است (جدول ۱) که در هیچکدام از آن‌ها از لیگاند کمکی پیرازین استفاده نشده است این نیز تاییدی بر جدید بودن ترکیب ۱ گزارش شده در این مقاله است.



شکل ۵: ساختار پیشنهادی برای ترکیب ۱.

جدول ۱: تمام ترکیب‌های گزارش شده بر پایه‌ی لیگاند  $H_2pydco$  و فلز مس براساس سرچ CSD.

## بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی شناسی ایران 26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

منبع	شکل کریستال ها	داده های تجزیه عنصری			فرمول شیمیایی
		کربن	هیدروژن	نیتروژن	
		محاسبه شده: % تجربی: %			
این مقاله	کریستال های ابی رنگ لوزی شکل	۳۳.۷۰	۲.۸۱	۷.۷۳	$[Cu(pydcO)(H_2O)_2]_2(\mu-pyz)].2H_2O$ ترکیب ۱
		۳۳.۹۸	۲.۵۹	۷.۶۳	
[۱۷]	کریستال های مکعبی سبز رنگ	۵۱.۴۰	۴.۳۱	۹.۲۲	$\{(H9a-acr)_2[Cu(pydcO)_2(H_2O)_2].4H_2O\}$
		۵۱.۹۲	۴.۲۴	۹.۸۲	
[۱۸]	کریستال های ابی رنگ	۳۸.۳۵	۳.۱۴	۷.۵۰	$\{[Cu(pydcO)(bipy)_{0.5}(H_2O)].2H_2O\}_n$
[۱۸]	شکل بلور گزارش نشده است	۳۸.۸۵	۴.۵۲	۷.۳۸	$\{[Cu(pydcO)(bpa)_{0.5}(H_2O)].2H_2O\}_n$
		۳۸.۶۴	۴.۶۰	۷.۱۱	
[۱۸]	شکل بلور گزارش نشده است	۴۰.۲۱	۳.۵۹	۷.۰۸	$\{[Cu(pydcO)(bpe)_{0.5}(H_2O)].2H_2O\}_n$
		۴۰.۰۵	۳.۶۲	۷.۱۸	
[۱۸]	شکل بلور گزارش نشده است	۴۸.۱۸	۴.۶۹	۸.۴۵	$\{[Cu(pydcO)(bpy)(H_2O)].2H_2O\}_n$
		۴۸.۳۳	۴.۶۶	۸.۴۴	
[۱۹]	شکل بلور گزارش نشده است	۳۳.۰۳	۳.۲۱	۳۲.۰۵	$\{(Htata)_2[Cu(pydcO)_2(tata)].3H_2O\}$
[۱۹]	شکل بلور گزارش نشده است	۳۳.۴۴	۳.۶۶	۳۳.۹۱	$[Cu(pydcO)(H_2O)_2]_n$
		۳۰.۹۱	۲.۲۰	۵.۱۶	
[۲۰]	شکل بلور گزارش نشده است	۳۱.۷۶	۲.۶۷	۵.۲۹	$Cu(pydcO)(H_2O)_2$
		۲۹.۹۵	۲.۵۱	۴.۹۹	
[۲۱]	کریستال های ابی رنگ	۲۹.۷۵	۲.۶۳	۴.۹۰	$[Cu(pydcO)(py)(MeOH)]_2$
		۴۳.۸۸	۳.۴۰	۷.۸۷	
[۲۲]	کریستال های مکعبی ابی رنگ	۴۳.۵۶	۳.۲۵	۷.۴۶	$[Cu_2(bpt)(pm)(H_2O)_4]_n$
		۳۸.۳۲	۲.۶۳	۸.۱۲	
[۲۲]	کریستال های مکعبی ابی رنگ	۳۸.۳۷	۲.۶۰	۸.۱۰	$[Cu_2(bpt)(pydcO)_2(H_2O)_2]_n.nH_2O$
		۳۹.۸۵	۲.۵۷	۱۰.۷۲	
[۲۳]	شکل بلور گزارش نشده است	۳۹.۸۴	۲.۵۵	۱۰.۷۵	$[Cu(pydcO)(bpy)(H_2O)].3H_2O$
		نتایج حاصل از تجزیه عنصری گزارش نشده است			

Pyz = پیرازین، 9a-acr = ۹ آمینوآکریدین، bipy = ۴،۴-بای‌پیریدین، bpa = ۲،۱-بیس(۴-پیریدیل) اتان، bpe = ۲،۱-بیس(۴-پیریدیل) اتان، bpt = ۳،۱-بیس(۴-پیریدیل) پروپان، tata = ۲،۴،۶-تری‌آمینو-۵،۳،۱-تری‌آزین، bpt = ۵،۲-بیس(۴-پیریدیل)-۴،۳،۱-تیادiazول.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، سنتز کمپلکس کوئوردیناسیونی جدید بر پایه‌ی لیگاند اکسیژن دهنده‌ی پیریدین-۲،۶-دی‌کربوکسیلیک اسید این-اکساید، لیگاند همراه پیرازین و فلز مس گزارش شد. شناسایی و مطالعه‌ی ترکیب سنتز شده با کمک روش‌های نقطه ذوب، تجزیه‌ی عنصری، طیف‌سنجی زیر قرمز و همچنین استفاده از اطلاعات پایگاه داده‌های ساختاری کمبریج CSD انجام شد.

#### ۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله، مراتب قدردانی خود را از حمایت‌های مالی دانشگاه فردوسی مشهد در انجام این پروژه صمیمانه ابراز می‌کنند (کد طرح ۳/۴۲۲۰۲)

بیست و ششمین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران  
26<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran (SCMI)

۳ و ۴ بهمن ماه ۱۳۹۷ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

۶- مراجع

- [۱] Aakeröy C.B., Champness N.R., Janiak C., *CrystEngComm.* (۲۰۱۰), ۱۲, ۲۲.
- [۲] Thakur T.S., Dubey R., Desiraju G.R., *Annu. Rev. Phys. Chem.* (۲۰۱۰), ۶۶, ۲۱.
- [۳] Braga D., Grepioni F., Maini L., Agostino S. D., *IUCrJ.* (۲۰۱۷), ۴, ۳۶۹.
- [۴] Ferraro S., Passamonti P., Bartocci V., Pucciarelli F., *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, (۱۹۹۷), ۹۳, ۲۸۹.
- [۵] Eshtiagh-Hosseini H., Aghabozorg H., Mirzaei M., Amini M., Chen Y.-G., Shokrollahi A., Aghaei R., *J. Mol. Struct.*, (۲۰۱۰), ۹۷۳, ۱۸۰.
- [۶] Jodaiian V., Mirzaei M., Arca M., Aragoni M. C., Lippolis V., Tavakoli E., Samadani N. *Inorg. Chim. Acta.* (۲۰۱۳), ۴۰۰, ۱۰۷.
- [۷] Crans D. C., Yang L., Jakusch T., Kiss T. *Inorg. Chem.*, (۲۰۰۰), ۳۹, ۴۴۰۹.
- [۸] Yang L., Crans D. C., Miller S. M., Cour A. L., Anderson O. P., Kaszynski P. M., Godzala M. E., Austin E. D., Willsky G. R., *Inorg. Chem.*, (۲۰۰۲), ۴۱, ۴۸۵۹.
- [۹] Mirzaei M., Eshtiagh-Hosseini H., Lippolis V., Aghabozorg H., Kordestani D., Shokrollahi A., Aghaei R., Blake A. J., *Inorg. Chim. Acta.* (۲۰۱۱), ۳۷۰, ۱۴۱.
- [۱۰] Brzyska W., Ozga W., *Polish J. Chem.*, (۱۹۹۷), ۷۱, ۴۳۶.
- [۱۱] Balzarini J., Stevens M., Clercq E. D., Scholsand D., Pannecouque C., *Antiviral Chem. Chemother.*, (۲۰۰۰), ۵۵, ۱۳۳.
- [۱۲] Syper L., Kloc K., Mkochowski J., *Tetrahedron Let.*, (۱۹۷۹), ۳۶, ۱۲۳.
- [۱۳] Colak A. T., Colak F., Yeşilel O. Z., Akduman D., Yılmaz F., Tumer M., *Inorg. Chim. Acta.* (۲۰۱۰), ۳۶۳, ۱۱۴۹.
- [۱۴] Nakamoto K., *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, Part B, 5th edn.* Wiley, New York, (۱۹۹۷).
- [۱۵] Felloni M., Blake A. J., Hubberstey P., Wilson C., Schröder M. *Cryst. Growth Des.* (۲۰۰۹), ۹, ۴۶۵۸.
- [۱۶] Ghosh S. K., Ribas J., Bharadwaj P. K., *CrystEngComm*, (۲۰۰۴), ۴۵, ۲۵۰.
- [۱۷] Mirzaei M., Eshtiagh-Hosseini H., Bazargan M., Mehrzad F., Shahbazi M., Mague J. T., Bauzá A., Frontera A., *Inorganica Chim. Acta.* (۲۰۱۰), ۳۳۸, ۱۳۵.
- [۱۸] Liu J. Q., Wu W. P., Wang Y. Y., Huang W. H., Zhang W. H., Shi Q. Z., Miller J. S., *Inorganica Chim. Acta.* (۲۰۰۹), ۳۶۷, ۱۲۹۵.
- [۱۹] Shahbazi M., Mehrzad F., Mirzaei M., Eshtiagh-Hosseini H., Mague J. T., Ardalani M., Shamsipur M., *Inorganica Chim. Acta.* (۲۰۱۷), ۴۵۸, ۱۸۴.
- [۲۰] Scott K., *Inorg. Chem.*, (۱۹۸۰), ۲۴, ۲۷۶۳.
- [۲۱] Bullita P. A. V. E., Casellato U., Guerriero P., *Inorganica Chim. Acta.* (۱۹۸۷), ۱۳۴, ۳.
- [۲۲] Wen G. L., Wang Y. Y., Liu P., Guo C. Y., Zhang W. H., Shi Q. Z., *Inorganica Chim. Acta.* (۲۰۰۹), ۳۶۷, ۱۱۳۰.
- [۲۳] Zhang X.-Y., *Acta Crystallogr. Sect. E Struct. Reports Online*, (۲۰۰۷), ۶۳, ۱۶۹۰.