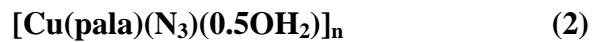


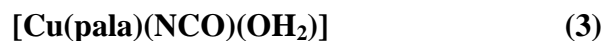
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## چکیده:

پلیمرهایی با فرمول‌های:



و کمپلکس مولکولی با فرمول:



که در آن‌ها Hpala= N-(2-pyridylmethyl)-L-alanine است، سنتز شد و توسط پراش اشعه‌ی X و طیف‌سنجی UV-Vis و IR و آنالیز عنصری شناسایی شد. ترکیب (۱) پلیمر کوئوردیناسیون با منومر  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCS})]_n$  است. در این منومر Cu در ساختار کوئوردیناسیون هرم با قاعده مربعی است و اکسیژن کربوکسیلات آلانین اتصال‌های پلیمری را می‌سازد. ترکیب (۲) پلیمر کوئوردیناسیون با منومر  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{OH}_2)-\text{N}_3-\text{Cu}(\text{pala})]$  است. این منومر خود دیمری از دو کمپلکس مس با پل آزید است. در این واحد دو اتم مس یکی با ساختار هشت‌وجهی و دیگری با ساختار هرم با قاعده مربعی وجود دارند. در پلیمر (۲) اکسیژن کربوکسیلات آلانین اتصال پلیمری را می‌سازد. ترکیب (۳) کمپلکس مولکولی با ساختار هرم با قاعده مربعی است.

تقدیم به پدر، مادر و خواهر عزیزم  
به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه  
ایثار و از خودگذشتگی  
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش  
وجودشان که در این سردترین روزگاران  
بهترین پشتیبان است  
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس  
است و سرگردانی و ترس در پناهشان به  
شجاعت می گراید  
و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز  
فروکش نمی کند.

و تقدیم به همسر مهربانم  
که مسیح وار با صبرش در تمامی لحظات  
رفیق راهم بود.



## فهرست

### فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- پلیمر معدنی چیست؟ ..... ۲
- ۲-۱- دسته‌بندی پلیمرهای معدنی براساس اتصالات ..... ۲
- ۱-۲-۱- اتصال یک ..... ۳
- ۲-۲-۱- اتصال دو ..... ۳
- ۳-۲-۱- اتصال سه ..... ۴
- ۴-۲-۱- اتصال ترکیبی دو و سه ..... ۴
- ۵-۲-۱- اتصال چهار ..... ۵
- ۶-۲-۱- اتصال ترکیبی سه و چهار ..... ۶
- ۷-۲-۱- اتصال شش ..... ۷
- ۸-۲-۱- اتصال ترکیبی چهار و شش ..... ۷
- ۹-۲-۱- اتصال هشت ..... ۸
- ۳-۱- دسته‌بندی پلیمرها براساس ابعاد ..... ۸
- ۱-۳-۱- ساختار پلیمری 1-D ..... ۹
- ۲-۳-۱- ساختار پلیمری 2-D ..... ۱۰
- ۳-۳-۱- ساختار پلیمری 3-D ..... ۱۱
- ۴-۱- طبقه‌بندی پلیمرهای حاوی فلزات ..... ۱۲
- ۱-۴-۱- پلیمرهای فلزی نوع اول ..... ۱۲
- ۲-۴-۱- پلیمرهای فلزی نوع دوم ..... ۱۳
- ۳-۴-۱- پلیمرهای فلزی نوع سوم ..... ۱۳

۱۴	..... ۵-۱- پلیمرهای کوئوردیناسیون
۱۵	..... ۱-۵-۱- کاربرد پلیمرهای کوئوردیناسیون
۱۸	..... ۲-۵-۱- پلیمرهای کوئوردیناسیون با مشتقات آمینو اسیدها
۲۳	..... ۶-۱- مقدمه‌ای بر شیمی کوئوردیناسیون
۲۴	..... ۱-۶-۱- پیوند در ترکیبات کوئوردیناسیون
۲۵	..... ۷-۱- بازهای شیف و کمپلکس‌های آن‌ها
۲۷	..... ۸-۱- کاهش باز شیف
۲۸	..... ۹-۱- مس
۳۰	..... ۱-۹-۱- حالت اکسایش مس (II)
۳۰	..... ۲-۹-۱- پروتئین‌های مس
۳۱	..... ۱۰-۱- شیمی آزید

## فصل دوم: روش‌های تجربی

۳۴	..... ۱-۲- دستگاه‌های طیف سنجی
۳۴	..... ۲-۲- سنتز لیگاند N-(۲-پیریدیل‌متیل-L-آلانین) (Hpala)
۳۵	..... ۳-۲- سنتز کمپلکس
۳۵	..... ۱-۳-۲- سنتز پلیمر $[Cu(pala)NCS]_n$
۳۶	..... ۲-۳-۲- سنتز پلیمر $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$
۳۷	..... ۳-۳-۲- سنتز کمپلکس $[Cu(pala)(NCO)(OH_2)]$

## فصل سوم: بحث و نتیجه گیری

- ۴۰ ..... سنتز لیگاند N-(۲-پیریدیل متیل-L-آلانین) (Hpala) ..... ۱-۳
- ۴۰ ..... آنالیز عنصری ..... ۲-۳
- ۴۱ ..... بلورنگاری اشعه‌ی X ..... ۳-۳
- ۴۱ ..... ساختار بلوری پلیمر (۱)  $[Cu(pala)NCS]_n$  ..... ۱-۳-۳
- ۴۷ ..... ساختار بلوری پلیمر (۲)  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۲-۳-۳
- ۵۴ ..... ساختار بلوری کمپلکس (۳)  $[Cu(pala)(NCO)(OH_2)]$  ..... ۳-۳-۳
- ۵۹ ..... مقایسه ساختارهای بلوری (۱) و (۲) و (۳) ..... ۴-۳-۳
- ۵۹ ..... طیف‌سنجی ..... ۴-۳
- ۵۹ ..... بررسی طیف‌های ارتعاشی ..... ۱-۴-۳
- ۶۰ ..... طیف زیر قرمز پلیمر (۱)  $[Cu(pala)(NCS)]_n$  ..... ۱-۱-۴-۳
- ۶۰ ..... طیف زیر قرمز پلیمر (۲)  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۲-۱-۴-۳
- ۶۱ ..... طیف زیر قرمز منومر (۳)  $[Cu(pala)(NCO)(OH_2)]$  ..... ۳-۱-۴-۳
- ۶۱ ..... بررسی طیف‌های الکترونی ..... ۲-۴-۳
- ۶۳ ..... نتیجه‌گیری ..... ۵-۳
- ۶۴ ..... اطلاعات تکمیلی ..... ۶-۳
- ۹۰ ..... مراجع ..... ۹-۳

## فهرست شکل‌ها

### عنوان

- شکل ۱-۱- پلیمر با اتصال یک ..... ۳
- شکل ۲-۱- پلی فسفات خطی..... ۴
- شکل ۳-۱- پلی دی کلرو فسفازن..... ۴
- شکل ۴-۱- بخشی از زنجیره‌های آزبست ..... ۵
- شکل ۵-۱- پلیمر کوئوردیناسیون با اتصال چهار ..... ۵
- شکل ۶-۱- پلیمر کوئوردیناسیون با لیگاند دو دندانه ..... ۶
- شکل ۷-۱- اتم‌های بور در نمک بورات ..... ۶
- شکل ۸-۱- اتصال شش با لیگاند سه دندانه ..... ۷
- شکل ۹-۱- ارتو فسفات با اتصال ترکیبی چهار وشش ..... ۷
- شکل ۱۰-۱- پلیمر زیرکونیوم با اتصال هشت ..... ۸
- شکل ۱۱-۱- پلیمر 1-D با اتصال دو ..... ۹
- شکل ۱۲-۱- پلیمر 1-D با اتصال چهار ..... ۹
- شکل ۱۳-۱- بوریک اسید با اتصال سه ..... ۱۰
- شکل ۱۴-۱- آرسنیک سولفید با اتصال سه ..... ۱۰
- شکل ۱۵-۱- آهن اگزالات (II) ..... ۱۱
- شکل ۱۶-۱- ۵و۲-اکسی کوینونات آهن (II) ..... ۱۱
- شکل ۱۷-۱- پلیمر فلزی نوع اول ..... ۱۲
- شکل ۱۸-۱- پلیمر فلزی نوع دوم ..... ۱۳
- شکل ۱۹-۱- پلیمر فلزی نوع سوم ..... ۱۴



- شکل ۱-۲۰- تشکیل پلیمر کئوردیناسیون ..... ۱۴
- شکل ۱-۲۱- پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pgly})\text{Cl}]\cdot\text{H}_2\text{O}$  ..... ۱۹
- شکل ۱-۲۲- پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{Cl}]\cdot\text{H}_2\text{O}$  ..... ۱۹
- شکل ۱-۲۳- پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{CH}_3\text{COO})]\cdot 0.75\text{H}_2\text{O}$  ..... ۱۹
- شکل ۱-۲۴- پلیمر  $[\text{Zn}(\text{pgly})(\text{NO}_3)]$  ..... ۲۰
- شکل ۱-۲۵- لیگاند دی ۲-پیریدیل متیل آلانین ..... ۲۲
- شکل ۱-۲۶- لیگاند دی ۲-پیریدیل متیل گلايسین ..... ۲۲
- شکل ۱-۲۷- نمودار ORTEP کاتیون  $[\text{Cu}(\text{bpg})]^+\cdot\text{H}_2\text{O}$  ..... ۲۳
- شکل ۱-۲۸- نمودار ORTEP کاتیون  $[\text{Cu}(\text{bpa})]^+\cdot\text{H}_2\text{O}$  ..... ۲۳
- شکل ۱-۲۹- مکانیسم کاهش باز شیف توسط سدیم بوروهیدرید ..... ۲۸
- شکل ۱-۳۰- نحوه ی کوئوردینه شدن آزید ..... ۳۲
- شکل ۲-۱- واکنش تهیه لیگاند Hpala ..... ۳۵
- شکل ۲-۲- پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۳۶
- شکل ۲-۳- ساختار پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۳۷
- شکل ۲-۴- ساختار کمپلکس  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۳۸
- شکل ۳-۱- نمودار ORTEP پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۴۱
- شکل ۳-۲- جابه جایی مس از قاعده در پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۴۳
- شکل ۳-۳- انباشتگی منومرها در سل واحد پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۴۳
- شکل ۳-۴- تشکیل پلیمر از طریق اکسیژن کربوکسیلات در پلیمر (۱) ..... ۴۴
- شکل ۳-۵- تصویر یک زنجیره پلیمر (۱) در صفحه ی (ac) ..... ۴۴
- شکل ۳-۶- پیوند هیدروژنی در پلیمر (۱) ..... ۴۶

- شکل ۳-۷- پیوند هیدروژنی در پلیمر (۱) در صفحه‌ی (bc) ..... ۴۷
- شکل ۳-۸- دیاگرام ORTEP پلیمر (۲) ..... ۴۷
- شکل ۳-۹- جابه‌جایی مس از قاعده در پلیمر (۲) ..... ۴۹
- شکل ۳-۱۰- انباشتگی دیمرها در پلیمر (۲) ..... ۵۰
- شکل ۳-۱۱- زنجیره‌های پلیمر (۲) در صفحه‌ی (ac) ..... ۵۱
- شکل ۳-۱۲- نحوه‌ی تشکیل پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۵۱
- شکل ۳-۱۳- پیوند هیدروژنی بین زنجیره‌های پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۵۴
- شکل ۳-۱۴- دیاگرام ORTEP کمپلکس (۳) ..... ۵۴
- شکل ۳-۱۵- جابه‌جایی مس از قاعده در کمپلکس (۳) ..... ۵۶
- شکل ۳-۱۶- انباشتگی منومر در سل واحد کمپلکس (۳) ..... ۵۶
- شکل ۳-۱۷- پیوند هیدروژنی در کمپلکس (۳) ..... ۵۸
- شکل ۴-۱- طیف زیر قرمز لیگاند Hpala ..... ۶۵
- شکل ۴-۲- طیف مرئی- فرابنفش لیگاند Hpala ..... ۶۵
- شکل ۴-۳- طیف زیر قرمز پلیمر (۱)  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۶۶
- شکل ۴-۴- طیف مرئی- فرابنفش پلیمر (۱)  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۶۶
- شکل ۴-۵- دیاگرام ORTEP پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۶۷
- شکل ۴-۶- انباشتگی منومرها در یک سل واحد پلیمر (۱)  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۶۷
- شکل ۴-۷- زنجیره‌های پلیمر (۱)  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  در صفحه‌ی (ac) ..... ۶۸
- شکل ۴-۸- زنجیره‌های پلیمر (۱)  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  در صفحه‌ی (bc) ..... ۶۸
- شکل ۴-۹- تشکیل زنجیره‌های پلیمر (۱) از طریق اکسیژن کربوکسیلات ..... ۶۹
- شکل ۴-۱۰- پیوند هیدروژنی در پلیمر (۱)  $[\text{Cu}(\text{pala})\text{NCS}]_n$  ..... ۶۹

- شکل ۴-۱۱ - طیف زیر قرمز پلیمر (۲)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۲ - طیف مرئی - فرابنفش پلیمر (۲)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۳ - دیاگرام ORTEP پلیمر (۲)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۴ - انباشتگی دیمرها در سل واحد پلیمر  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۵ - زنجیر پلیمر (۲)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  در صفحه‌ی (ac) ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۶ - پیوند هیدروژنی در پلیمر (۲)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۷ - طیف زیر قرمز کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۸ - طیف مرئی - فرابنفش کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۹ - دیاگرام ORTEP کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۴
- شکل ۴-۲۰ - انباشتگی منومرها در یک سل واحد کمپلکس  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  .. ۸۴
- شکل ۴-۲۱ - پیوند هیدروژنی در کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۵
- شکل ۴-۲۲ - پیوند هیدروژنی در کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  در صفحه‌ی ..... ۸۵

(bc)

## فهرست جدول ها

### عنوان

- جدول ۳-۱: نتایج آنالیز عنصری کمپلکس‌های سنتز شده‌ی (۱) تا (۳) (نتایج نظری) ..... ۴۰
- جدول ۳-۲: نتایج آنالیز عنصری کمپلکس‌های سنتز شده‌ی (۱) تا (۳) (نتایج تجربی) ..... ۴۱
- جدول ۳-۳: طول پیوند و زوایه‌های پیوندی انتخابی پلیمر  $[Cu(pala)NCS]_n$  ..... ۴۲
- جدول ۳-۴: طول پیوند هیدروژنی در پلیمر  $[Cu(pala)NCS]_n$  ..... ۴۷
- جدول ۳-۵: طول پیوند و زوایای پیوندی انتخابی پلیمر  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۴۸
- جدول ۳-۶: طول پیوند هیدروژنی در پلیمر  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۵۴
- جدول ۳-۷: طول پیوند و زوایای پیوندی انتخابی کمپلکس  $[Cu(pala)(NCO)(OH_2)]$  ..... ۵۵
- جدول ۳-۸: طول پیوندهای هیدروژنی در کمپلکس  $[Cu(pala)(NCO)(OH_2)]$  ..... ۵۸
- جدول ۳-۹: مشخصات طیف IR ترکیبات (۱) تا (۳) ..... ۶۱
- جدول ۳-۱۰: مشخصات طیف الکترونی لیگاند و ترکیبات (۱) تا (۳) ..... ۶۲
- جدول ۴-۱: داده‌های بلورنگاری ساختار پلیمر (۱)  $[Cu(pala)(NCS)]_n$  ..... ۷۰
- جدول ۴-۲: طول پیوندهای پلیمر (۱)  $[Cu(pala)(NCS)]_n$  ..... ۷۱
- جدول ۴-۳: زاویه پیوندهای پلیمر (۱)  $[Cu(pala)(NCS)]_n$  ..... ۷۱
- جدول ۴-۴: زاویه‌های پیچشی پلیمر (۱)  $[Cu(pala)(NCS)]_n$  ..... ۷۲
- جدول ۴-۵: طول پیوند هیدروژنی در پلیمر  $[Cu(pala)NCS]_n$  ..... ۷۳
- جدول ۴-۶: داده‌های بلورنگاری ساختار پلیمر (۲)  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۷۷
- جدول ۴-۷: طول پیوندهای پلیمر (۲)  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۷۸
- جدول ۴-۸: زاویه پیوندهای پلیمر (۲)  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۷۹
- جدول ۴-۹: زاویه‌های پیچشی پلیمر (۲)  $[Cu(pala)(N_3)(0.5OH_2)]_n$  ..... ۸۰

- جدول ۴-۱۰: طول پیوند هیدروژنی در پلیمر (۲)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{N}_3)(0.5\text{OH}_2)]_n$  ..... ۸۲
- جدول ۴-۱۱: داده‌های بلورنگاری ساختار کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۶
- جدول ۴-۱۲: طول پیوندهای کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۷
- جدول ۴-۱۳: زاویه پیوندهای کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۷
- جدول ۴-۱۴: زاویه‌های پیچشی پیوندهای کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۸
- جدول ۴-۱۵: طول پیوند هیدروژنی در کمپلکس (۳)  $[\text{Cu}(\text{pala})(\text{NCO})(\text{OH}_2)]$  ..... ۸۹

# فصل اول:

## مقدمه

## ۱-۱- پلیمر معدنی چیست؟

پلیمرها از منومرها و یا واحدهای تکراری تشکیل می‌شوند. پلیمرهای آلی اساسا زنجیره‌های هیدروکربنی با طول زیاد هستند که باعث ایجاد مواد پیچیده با ویژگی‌های منحصر به فرد می‌شوند. رایج‌ترین تعریف برای پلیمرهای معدنی، پلیمرهایی است که دارای واحدهای معدنی تکراری در زنجیره‌ی اصلی هستند. یا به عبارتی پلیمرهای معدنی نشان دهنده غیر آلی و یا غیر هیدروکربنی بودن هستند.

دانشمندان مختلف تعریف‌های متعددی در مورد پلیمرهای معدنی بیان کرده‌اند. به‌طور مثال فرزر<sup>۱</sup> و کارل<sup>۲</sup>، پلیمرهای معدنی را به‌عنوان مولکول‌های کوچکی که دارای اتم‌های کربن نیستند توصیف می‌کنند. در حقیقت، توصیف‌های دیگری از پلیمرهای معدنی نیز به همین صورت است. این چنین توصیف‌ها تقریبا تمام پلیمرهای کوئوردیناسیون و آلی-فلزی را شامل می‌شود، حتی اگر برخی از این پلیمرها دارای اتم‌های فلزی که برای ثبات زنجیره‌های پلیمری لازم است نیز باشند. برخی کتاب‌ها و یا حتی مقاله‌های منتشر شده شامل پلیمر حاوی فلزات با استفاده از عناوینی مانند پلیمرهای معدنی و یا آلی-فلزی هستند. در مقاله‌ها گاهی اوقات از اصطلاحاتی مانند پلیمرهای آلی/معدنی، پلیمرهای هیبرید آلی-معدنی، پلیمرهای آلی-فلزی و یا پلیمر حاوی فلزات، برای پلیمرهایی که حاوی یون‌های فلزی و گروه‌های آلی هستند استفاده می‌شود.

## ۱-۲- دسته‌بندی پلیمرهای معدنی براساس اتصالات

ری<sup>۳</sup> در کتاب پلیمرهای معدنی خود از اتصالات به‌عنوان روش طبقه‌بندی پلیمرهای معدنی استفاده کرده است. او اصطلاح "اتصالات" را به‌عنوان تعداد اتم‌های متصل به هم برای تعریف اتم‌هایی که یک قسمت از زنجیره‌های پلیمری هستند به‌کار برده است. این اتصالات پلیمری را

---

<sup>1</sup>Frezer

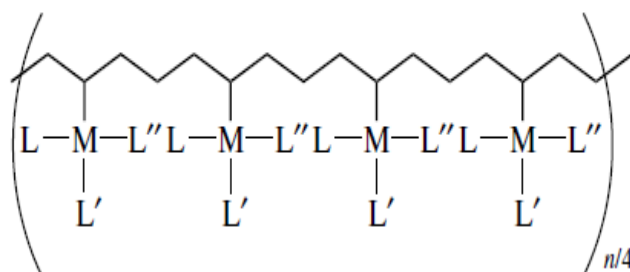
<sup>2</sup>Currell

<sup>3</sup>Ray

می‌توان از ۱ برای اتم‌های گروه‌های کناری تا ۸ یا ۱۰ در برخی از پیوندهای فلزی و پلیمرهای فلز-سیکلوپنتادی‌انیل دسته‌بندی کرد.

### ۱-۲-۱- اتصال یک

فلزات به‌کار رفته برای کاتالیست‌ها دارای میزان اتصال یک با توجه به زنجیره‌های پلیمری نشان داده شده در شکل ۱-۱ هستند. باید خاطر نشان کرد که فلزات دارای لیگاندهای دیگری هستند اما بر اتصالات پلیمری تاثیرگذار نیستند.



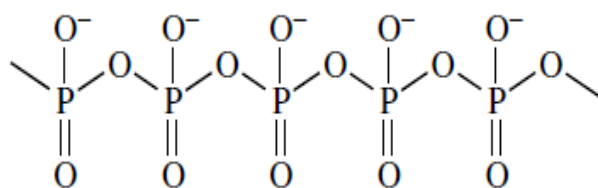
شکل ۱-۱: پلیمر با اتصال یک

### ۱-۲-۲- اتصال دو

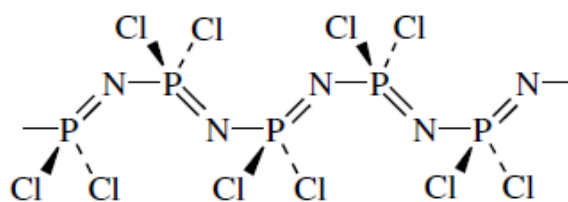
سولفور و سلنیوم در زنجیره‌های پلیمری آلوتروپ‌ها دارای اتصال دو هستند. آن‌ها همچنین دارای میزان اتصال دو در ساختارهای حلقه‌ای خود هستند. به‌طور مثال، پلی فسفات خطی (شکل ۱-۲)، پلی دی‌کلوروفسفازن<sup>۱</sup> (شکل ۱-۳) و همچنین پلیمرهای کوئوردیناسیون و پلیمرهای آلی-فلزی که توسط لیگاندهای تک‌دندانه به یکدیگر متصل شده‌اند نیز دارای اتصال دو هستند.

<sup>۱</sup>Poly(dichlorophosphazen)





شکل ۱-۲: پلی فسفات خطی



شکل ۱-۳: پلی دی کلروفسفازن

### ۱-۲-۳- اتصال سه

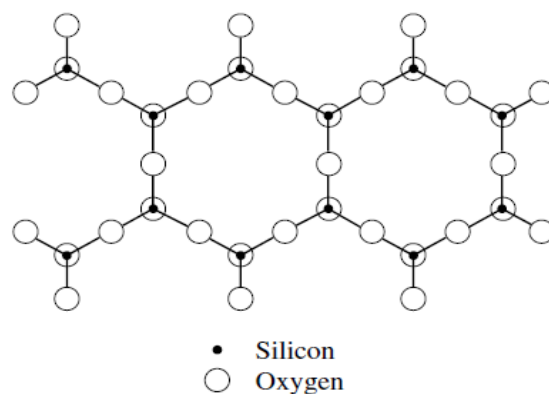
بور در بوریک اسید دارای اتصال سه است. سیلیکون‌ها در سیلیکات‌هایی مانند میکا<sup>۱</sup> و تالک<sup>۲</sup> دارای اتصال سه هستند. این اتصال‌های سه‌تایی باعث ایجاد پلیمرهای دوبعدی می‌شود، که برای روان‌سازی و همچنین مواد لازم برای تهیه فیلم و کاغذ به کار می‌روند.

### ۱-۲-۴- اتصال ترکیبی دو و سه

آمفیبول سیلیکات مانند آزبست دارای زنجیره‌های دوتایی و یا زنجیره‌های سیلیکون و اکسیژن است که در آن اتم‌های سیلیکون دارای میزان اتصال دو و سه هستند (شکل ۱-۴). در پلیمرهای خطی با میزان اتصال دو با ایجاد اتصال عرضی معمولاً اتصال ترکیبی دو و سه ایجاد می‌شود زیرا اتصال عرضی مناسب تنها روی قسمت کوچکی از کل زنجیره اتمی تاثیر می‌گذارد.

<sup>۱</sup>Mica

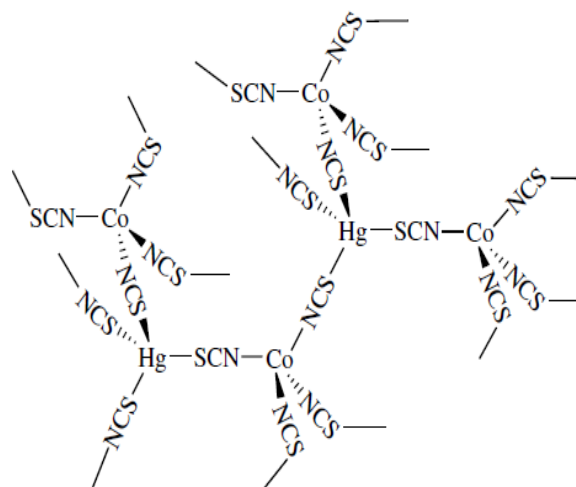
<sup>۲</sup>Talk



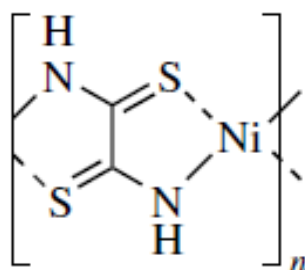
شکل ۱-۴: بخشی از زنجیره‌های آزبست

### ۵-۲-۱- اتصال چهار

بور و آلومینیوم فسفات و بسیاری دیگر از پلیمرهای سه‌بعدی دارای اتصال چهار در حداقل یکی از انواع آنها در پلیمرها هستند. نوع دیگر از پلیمرهای معدنی که دارای اتصال چهار هستند، پلیمرهای کوئوردیناسیون فلزی است که در آنها هر کدام از یون‌های فلزی با زنجیره‌های پلیمری در لیگاندهای دو سردندانه (شکل ۱-۵) و دو دندانه (شکل ۱-۶) پیوند برقرار می‌کند. به عنوان مثال در شکل ۱-۵ قسمت کوچکی از  $[CoHg(SCN)_4]_n$  که به عنوان استاندارد برای اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی Co و Hg است مشاهده می‌شود.



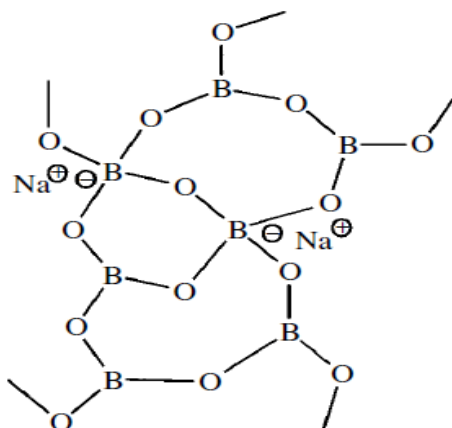
شکل ۱-۵: پلیمر کوئوردیناسیون با اتصال چهار



شکل ۱-۶: پلیمر کوئوردیناسیون با لیگاند دو دندانه

### ۱-۲-۶- اتصال ترکیبی سه و چهار

برخی از پلیمرهای معدنی دارای میزان اتصال ترکیبی سه و چهار هستند که از آن جمله می‌توان به شیشه‌های بورات اشاره کرد که در آن‌ها کاتیون‌های همراه<sup>۱</sup> نقش خنثی بار چهار یون اکسیدی متصل به حداقل برخی از اتم‌های بور را برعهده دارند (شکل ۱-۷). از دیگر نمونه‌های اتصال ترکیبی سه و چهار می‌توان به اتم‌های سیلیکون در ژئولیت‌های فیبری اشاره کرد.

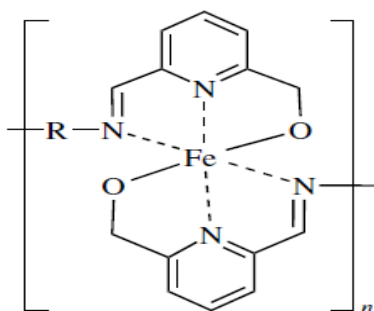


شکل ۱-۷: اتم‌های بور در نمک بورات

<sup>۱</sup>Counter cation

### ۷-۲-۱- اتصال شش

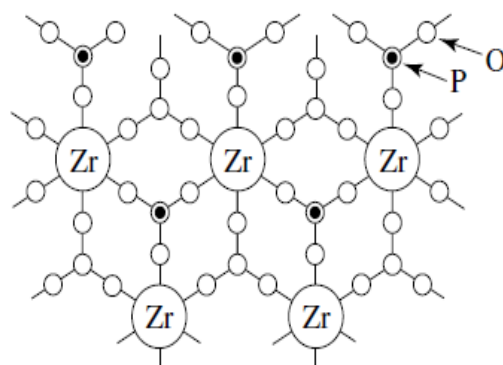
از نمونه‌هایی با مقدار اتصال شش می‌توان به پلیمرهای کوئوردیناسیون فلزی که دارای اتم‌های فلزی و یا یون‌های متصل با دو لیگاند سه دندانه‌ای هستند اشاره کرد (شکل ۸-۱).



شکل ۸-۱: نمونه‌ای از اتصال شش با لیگاند سه دندانه

### ۸-۲-۱- اتصال ترکیبی چهار و شش

ارتوفسفات و آرسنات تیتانیوم، زیرکونیم، قلع، سریم، ژرمانیم، تریوم، سیلیکون، دارای اتصال ترکیبی چهار و شش هستند (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱: ارتوفسفات با اتصال ترکیبی چهار و شش