



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: شیمی آلی

عنوان:

کوپل آلیل گلیسیدیل اتروایمینودی استیک اسید و بررسی امکان کوپلیمریزاسیون آن با

مونومرهای تجاری

استاد راهنما:

دکتر مهشید نیکپورنزهتی

استاد مشاور:

دکتر همایون احمد پناهی

پژوهشگر:

معصومه سلیمان بیگی

تابستان ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که بار تحصیل مرا بدوش کشیدند

## تشکر و قدردانی:

شکرو سپاس خداوند متعال را که توفیق اتمام این پایان نامه را نصیبم کرد. از مساعدت و راهنمایی های ارزنده اساتید فرهیخته ام سرکار خانم دکتر نیکپوروجناب آقای دکتر احمدپناهی که با صبر و حوصله بسیار مرا در طول تدوین این پروژه یاری نمودند و لحظه ای از عنایتشان دریغ نوزیدند بسیار سپاسگزارم. جبران زحمات پدر و مادر عزیزم که همواره تکیه گاه و حامی من در دوران تحصیل بوده اند و از حمایت های بی دریغشان در نگ نوزیدند از اولویتهای من در تمامی دوران زندگیم خواهد بود.

بسمه تعالی

### تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب معصومه سلیمان بیگی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شیمی آلی با شماره دانشجویی ۸۷۰۸۵۱۳۳۳۰۰ اعلام مینمایم که کلیه مطالب مندرج در این پایان نامه با عنوان : کوپل آلایل گلایسیدیل اتروایمینودی استیک اسید و بررسی امکان کوپلیمریزاسیون آن با مونومرهای تجاری حاصل کار پژوهشی خود بوده و چنانچه دستاوردهای پژوهشی دیگران را مورد استفاده قرار داده باشم، طبق ضوابط و رویه های جاری ، آنرا ارجاع داده و در فهرست منابع و مأخذ ذکر نموده ام. علاوه بر آن تاکید می نماید که این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح، پایین تر یا بالاتر ارائه نشده و چنانچه در هر زمان خلاف آن ثابت شود، بدینوسیله متعهد می شوم، در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام توسط دانشگاه، بدون کوچکترین اعتراض آنرا بپذیرم.

تاریخ و امضاء

## بسمه تعالی

در تاریخ: ۱۳۹۰/۰۶/۲۹  
دانشجوی کارشناسی ارشد آقای/خانم معصومه سلیمان بیگی از پایان نامه خود دفاع نموده و با  
نمره ۲۰ بحروف بیست و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

بسمه تعالی دانشکده..... علوم پایه... ***** (این چکیده بمنظور چاپ در پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)	
نام واحد دانشگاهی: تهران مرکز کد واحد: ۱۰۱ کد شناسایی پایان نامه: ۱۰۱۳۰۳۰۸۸۹۲۰۰۶	
عنوان پایان نامه: کوپل AGE,IDA و بررسی امکان کوپلیمریزاسیون آن با مونومرهای تجاری	
نام و نام خانوادگی دانشجو: معصومه سلیمان بیگی شماره دانشجویی: ۸۷۰۸۵۱۳۳۳۰۰ رشته تحصیلی: شیمی آلی	تاریخ شروع پایان نامه: ۱۳۸۹/۰۸/۰۱ تاریخ خاتمه پایان نامه: ۱۳۹۰/۰۶/۲۹
استاد راهنما: دکتر مهشید نیکپور نزهتی استاد مشاور: دکتر همایون احمد پناهی	
آدرس و شماره تلفن: تهران میدان صنعت بلوار فرحزادی خ سیمای ایران مجتمع آموزشی پیامبر اعظم ۸۸۶۹۶۷۱۸	
چکیده پایان نامه (شامل خلاصه، اهداف، روشهای اجرا و نتایج بدست آمده): در این مطالعه، ما از Age-Ida استفاده کردیم، که از طریق واکنش کوپل بین آلایل گلیسیدیل اتر با ایمینودی استیک اسید برای آماده سازی رزینهای جدید با جذب بالقوه برای جذب سرب آماده گردید. Age-Ida با بعضی از ترکیبات غیراشباع آلی نظیر (آلیل استات، متیل متاکریلات، مالنیک انیدرید، استایرن) کوپلیمریزه شد و در هر مورد نتایج بوسیله روشهای (IR, CHN, AAS) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نقش آن بعنوان رزین کیلیت فلز ارزیابی گردید. پلیمریزاسیون رادیکال آزاد در شرایط مختلف واکنش انجام شد. داده های آزمایشگاهی نشان داد که رزینهای جدید می توانند برای جداسازی فلزات کیلیت بکار روند و نتایج مناسبی در جذب فلز سرب و نمونه های حقیقی نظیر (آب قنات) در آزمایشگاه بدست آمد. pH بهینه در محدوده ۷ بدست آمد و محصولات بهتر در حضور کراسلینکر حاصل شد.	

نظر استاد راهنما برای چاپ در پژوهش نامه دانشگاه مناسب است  
 مناسب نیست

تاریخ و امضاء:

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۲	فهرست شکل ها
۱۴	هدف از تحقیق
۱۵	<b>فصل اول: پلیمرها و جاذبها</b>
۱۶	۱-۱ مقدمه و تاریخچه
۱۷	۲-۱ الیگومر
۱۹	۳-۱ درجه پلیمر شدن
۱۹	۴-۱ هوموپلیمر
۲۰	۵-۱ کوپلیمر
۲۰	۱-۵-۱ متناوب
۲۱	۲-۵-۱ شاخه ای
۲۱	۳-۵-۱ ستاره ای، نردبانی
۲۲	۴-۵-۱ مشبك
۲۳	۶-۱ ولکانیزه کردن
۲۴	۷-۱ ترموپلاستیک
۲۴	۸-۱ فرآیندهای پلیمر شدن
۲۴	۱-۸-۱ افزایشی
۲۵	۲-۸-۱ تراکمی
۲۶	۹-۱ واکنش پلیمر شدن مرحله ای
۲۷	۱۰-۱ واکنش پلیمر شدن زنجیری
۳۰	۱-۱۰-۱ روشهای پلیمر شدن زنجیری
۳۲	۱۱-۱ پلیمرزنده
۳۲	۱۲-۱ رزین
۳۲	۱۳-۱ بلورینگی
۳۳	۱۴-۱ نامگذاری پلیمرها
۳۴	۱۵-۱ جذب سطحی



۳۵	۱-۱۵-۱ عوامل موثر بر جذب
۳۶	۱۶-۱ جاذبها
۳۷	۱-۱۶-۱ سیلیکاژل
۳۹	۲-۱۶-۱ آلومین
۳۹	۳-۱۶-۱ کربن
۳۹	۱-۳-۱۶-۱ کربن فعال
۴۰	۲-۳-۱۶-۱ الکهای مولکولی
۴۰	۳-۳-۱۶-۱ کربن سیاه گرافیتی
۴۰	۴-۱۶-۱ سیلیکات منیزیم
۴۱	۵-۱۶-۱ جاذبهای فازهای ساکن پلیمری
۴۱	۶-۱۶-۱ رزینهای تبادل یون
۴۱	۷-۱۶-۱ سایر جاذبها
۴۲	<b>فصل دوم: سرب</b>
۴۳	۱-۲ تاریخچه
۴۳	۲-۲ برخی خواص سرب
۴۳	۳-۲ کاربردهای سرب
۴۴	۴-۲ سرب در محیط زیست
۴۵	۵-۲ مسمومیت ناشی از سرب
۴۵	۱-۵-۲ علائم مسمومیت حاد با سرب
۴۵	۲-۵-۲ اثرات داخلی سرب بر بدن
۴۵	۶-۲ روشهای جلوگیری از انتشار سرب در محیط
۴۷	<b>فصل سوم: آشنایی با تحقیقات دانشمندان</b>
۵۹	<b>فصل چهارم: شیمی پلیمرهای مشتق شده از IDA, AGE</b>
۶۰	۱-۴ روش ساخت کریوژل برای جذب کلروفنل
۶۳	۱-۱-۴ جذب کلروفنل از محلولهای آبی
۶۶	۲-۴ تهیه میکروسفرهای نامتخلخل
۶۹	۳-۴ کوپلیمریزاسیون رادیکال آزاد
۷۴	۴-۴ افزودن CO <sub>2</sub> به AGE

۷۶	.....	۱-۴-۴	اثر ساختار یونی مایع
۷۸	.....	۲-۴-۴	اثر دمای واکنش و فشار CO <sub>2</sub>
۷۹	.....	۵-۴	سنتز رزینهای کیلیت بوسیله IDA
۸۳	.....	۱-۵-۴	جذب آلودگیهای فنل
۸۴	.....	۲-۵-۴	جذب همدمای یونهای فلزی
۸۶	.....	۶-۴	بالا بردن مقاومت چوب در برابر پوسیدگی
۸۶	.....	۱-۶-۴	بازده وزنی، ضد تورم
۸۸	.....	۲-۶-۴	حلالشویی بور
۸۸	.....	۳-۶-۴	مقاومت در برابر پوسیدگی
۹۱	.....		<b>فصل پنجم: روش تحقیق</b>
۹۲	.....	۱-۵	مواد لازم
۹۴	.....	۲-۵	مراحل کوپل (Age) و (Ida)
۹۶	.....	۳-۵	سنتز (۱)
۹۸	.....	۴-۵	سنتز (۲)
۱۰۰	.....	۶-۵	سنتز (۳)
۱۰۲	.....	۷-۵	سنتز (۴)
۱۰۴	.....	۸-۵	سنتز (۵)
۱۰۶	.....	۹-۵	سنتز (۶)
۱۰۸	.....	۱۰-۵	سنتز (۷)
۱۱۰	.....	۱۱-۵	سنتز (۸)
۱۱۲	.....	۱۲-۵	سنتز (۹)
۱۱۴	.....	۱۳-۵	سنتز (۱۰)
۱۱۶	.....	۱۳-۵	بهبود شرایط برای سنجش بالاترین میزان جذب
۱۱۶	.....	۱-۱۳	تهیه بافر
۱۱۷	.....	۲-۱۳	بهبود pH برای یون سرب
۱۱۹	.....	۳-۱۳	کارایی رزین در غلظتهای مختلف
		۴-۱۳	کارایی رزین در شستشو با اسیدهای

۱۲۰	..... مختلف
۱۲۱	..... ۵-۱۳-۵ بهینه سازی زمان برای سرب
۱۲۲	..... ۶-۱۳-۵ کارایی رزین در نمونه های واقعی
۱۲۲	..... ۷-۱۳-۵ اندازه گیری سرب در نمونه واقعی (بدون اسپایک)
	..... ۸-۱۳-۵ کارایی رزین با استفاده از محلول
۱۲۳	..... 0/1ppm اسپایک
۱۲۳	..... ۹-۱۳-۵ حد تشخیص دستگاه (LOD)
۱۲۴	..... ۱۰-۱۳-۵ بررسی اثر یونهای مزاحم برای یون سرب
۱۲۶	..... فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۲۹	..... پیوستها و مراجع

## فهرست شکل ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۱	شکل (۱-۱) پلیمرهای خطی، شاخه ای، مشبک
۲۲	شکل (۲-۱) پلیمرهای ستاره ای، شانه ای، نردبانی، نیم نردبانی
۲۷	شکل (۳-۱)
۲۹	شکل (۴-۱)
۶۱	شکل (۱-۴) عکسبرداری الکترونی ریزنگار از سطح داخلی ابر درشت منفذ پلی (AAm-AGE) مونولیتیک ماتریکس کریوژل
۶۲	شکل (۲-۴) طیف FTIR از F <sub>3</sub> GA متصل شده به پلی (AAm-AGE)
۶۲	شکل (۳-۴) ساختار شیمیایی از cibacron آبی F <sub>3</sub> GA
۶۳	شکل (۴-۴) اثر pH راروی جذب کلروفنلها ی روی کریوزلهای حامل توسط cibacron آبی F <sub>3</sub> GA
۶۴	شکل (۵-۴) ظرفیت جذب کلروفنلها ی روی کریوژلهای حامل توسط cibacron آبی F <sub>3</sub> GA
۶۶	شکل (۶-۴) فتوگراف SEM از میکروسفرهای PGMA
۶۷	شکل (۷-۴) اسپکتروسکپی FTIR از PGMA(a) و میکروسفرهای PGMA(b) - IDA
۶۸	شکل (۸-۴) منحنی همدمای جذب BHb روی میکروسفرهای
۷۰	شکل (۹-۴)
۷۰	شکل (۱۰-۴) وزن مولکولی و تابع توزیع وزن مولکولی در تبدیل کوپلیمریزاسیون AGE/MA (0.35 mol/mol) در حضور BICDT
۷۱	شکل (۱۱-۴) طیف <sup>1</sup> H-NMR در (A) مونومر AGE، در (B) کوپلیمر AGE/MA
۷۲	شکل (۱۲-۴) اجزاء GPC از پلی (AGE-CO-MA) - b - Ps
۷۳	شکل (۱۳-۴) پلی (AGE-CO-MA) - b - Ps و PSt: (B)
۷۴	شکل (۱۴-۴) سنتز کربنات حلقوی از Age و CO <sub>2</sub>
۷۵	شکل (۱۵-۴) طیف FT-IR کربنات حلقوی از Age و CO <sub>2</sub>

۷۷	..... شکل (۴-۱۶) مراحل واکنش حلقه زایی CO <sub>2</sub> به AGE
۸۰	..... شکل (۴-۱۷) مرحله پلیمریزاسیون زنجیره ها با گروه کی لیت IDA
۸۱	..... شکل (۴-۱۸)
	..... شکل (۴-۱۹) طیف GC-Mass از مونومر اکریلات با گروه کی لیت
۸۲	..... ایمینودی استیک اسید
۸۲	..... شکل (۴-۲۰) میکروگراف نوری از زنجیره های کی لیت
۸۳	..... شکل (۴-۲۱) جذب آلاینده فنل روی فلزات کی لیت شده زنجیر
۸۵	..... شکل (۴-۲۲) اثر pH روی جذب فلزات کی لیت شده $Cr^{+3}, Cu^{+2}, Cd^{+2}, Pb^{+2}$
	..... شکل (۴-۲۳) وزن کاهش یافته در چوب در معرض تخریب بوسیله قارچ
۸۹	..... <i>F. palustris</i>
	..... شکل (۴-۲۴) وزن کاهش یافته در چوب در معرض تخریب بوسیله قارچ
۹۰	..... <i>T. versicolor</i>
۹۵	..... شکل (۵-۲)
۹۷	..... شکل (۵-۳)
۹۹	..... شکل (۵-۴)
۱۰۱	..... شکل (۵-۵)
۱۰۳	..... شکل (۵-۶)
۱۰۵	..... شکل (۵-۷)
۱۰۷	..... شکل (۵-۸)
۱۰۹	..... شکل (۵-۹)
۱۱۱	..... شکل (۵-۱۰)
۱۱۳	..... شکل (۵-۱۱)
۱۱۵	..... شکل (۵-۱۲)

## هدف از تحقیق

با توجه به انتشار روزافزون فلزات سنگین در محیط زیست که غالباً منشا آنها فاضلاب واحدهای صنعتی می باشند و نقش زیانباری که این فلزات برای سلامتی انسان دارند ساخت جاذبه‌های نوین در این زمینه را از اهمیت خاصی برخوردار ساخته است.

عمده ترین تاثیرات فلزات سنگین روی انسان بروز اختلالات عصبی است تصفیه فاضلابهای صنعتی نیز این مهم را حل نکرده و لجن دفن شده با جذب از طریق گیاهان وارد چرخه غذایی می شود. تلاش برآن است تا در این پروژه با استفاده از کوپل ایمینودی استیک اسید (IDA) و آلایل گلیسیدیل اتر (AGE) پایه اصلی رزین جاذب یونهای فلزی شکل گرفته و در صورت امکان از طریق تریپلیمرسازی این رزین با مونومرهای تجاری قابل دسترس بهینه سازی کارایی آنرا مورد بررسی قرار می دهیم .

## فصل اول

پلیمرها  
جاذبها

## پلیمر [۱-۲]

پلیمر از واژه یونانی بنام پلی<sup>۱</sup> به معنی "چندتا" و مر<sup>۲</sup> به معنی "قسمت" مشتق شده است. ماکرومولکولها مترادف با پلیمرها می باشند که مولکولهای بزرگی هستند که از واحدهای تکراری ساده ای بنام مونومر<sup>۲</sup> قسمت واحد<sup>۱</sup> تشکیل شده اند.

### ۱-۱ مقدمه و تاریخچه

ما در عصر پلیمر زندگی می کنیم. پلاستیکها، قیرها، پروتئینها، چسبها، سلولز و پوشاک اینها نشاندهنده گوشه ای از دنیای پرجاذبه شیمی پلیمر می باشند. نمونه های بیشماری از پلیمرهای مصنوعی رامی توان ذکر کرد مانند پلی استرها و الیاف پارچه های نایلونی و الیاف محکم و بادوام پلی امید برای لباسهای ضد گلوله کم وزن، پلی اتیلن پلاستیکی که در تولید بطریهای شیر بکار میرود، پلی اورتان که در ساخت قلب مصنوعی بکار میرود و الاستومرهای فلوئوره فسفاژن که در محیطهای سرد قابل انعطاف است همگی در این دسته قرار دارند.

---

<sup>1</sup> - poly

<sup>2</sup> - mer



کلمه پلیمر اولین بار توسط شیمیدان سوئدی بنام **برزلیوس**<sup>۱</sup> در سال ۱۸۳۳ بکار برده شد. در سال ۱۸۳۹ پلیمر شدن استیرن گزارش شد و در سال ۱۸۶۰ سنتز پلی (اتیلن گلیکول) و پلی (اتیلن سوکسینات) گزارش شدند.

اولین پلیمر مصنوعی رزین فنل فرمالدهید بود که در سال ۱۹۰۰ توسط شیمیدان بلژیکی توسعه پیدا کرد. پلیمرهای دیگرمانند رنگهای آلکیل (پلی استر) و لاستیک پلی بوتادی ان در همان زمان معرفی شدند. علیرغم موفقیت‌های تجاری بیشتر دانشمندان در مورد مفهوم ساختار پلیمر اطلاع روشنی نداشتند. نظریه غالب این بود که همانند کلئیدها، پلیمرها نیز انبوهی از مولکولهای کوچک اند ولی بوسیله نیروی ثانویه مرموزی به همدیگر متصل اند. تا اینکه **هرمان استادینگر**<sup>۲</sup> شیمیدان آلمانی ساختارهای خطی پارافرمالدئید و پلی استیرن را پیشنهاد کرد و همچنین اصطلاح ماکرومولکول را پیشنهاد کرد و در سال ۱۹۵۳ جایزه نوبل شیمی را دریافت نمود. در سال ۱۹۳۰ شیمیدان آمریکایی بنام **والاس هیوم کارودرز**<sup>۳</sup> نظریه های استادینگر را بر یک مبنای آزمایشگاهی قرار داد که این عمل به توسعه تجارتي لاستیک نئوپرن و الیاف نایلونی پلی آمید منتهی شد. از کشفیات دیگری توان از **کارل زیگلر**<sup>۴</sup> آلمانی در مورد کاتالیستهای جدید کوئوردیناسیون برای شروع واکنش پلیمر شدن و کاربرد این کاتالیستها توسط دانشمند ایتالیایی بنام **گیلیوناتا**<sup>۵</sup> که موجب توسعه پلیمرها با شیمی فضایی کنترل شده گردید نام برد. **پل فلوری**<sup>۶</sup> برنده جایزه نوبل ۱۹۷۴ رفتار پلیمرها را بر اساس اصول کمی، چه خواص فیزیکی ماکرومولکولها در محلول و چه به صورت توده و یا پدیده های شیمیایی مانند شاخه شاخه یا سه بعدی شدن را توصیف کرد.

---

<sup>1</sup> - berzelius

<sup>1</sup> - herman staudinger

<sup>3</sup> - wallacehume carothers

<sup>4</sup> - karl ziegler

<sup>5</sup> - giulio natta

<sup>6</sup> - poul flory

در سالهای اخیر یک سری پیشرفتهای مهم در علم پلیمر مشاهده شده که عبارتند از:

- پلیمرهایی که دارای پایداری بسیار عالی در مقابل حرارت و اکسیدکننده می باشند، که در سفینه های فضایی کاربرد دارند.

- پلاستیکهای مهندسی، پلیمرهایی هستند که برای جایگزین کردن با فلزات طراحی شده اند.

- الیاف آروماتیک بسیار قوی که با تکنولوژی بلور مایع تولید شده اند که در کاربردهای متنوع از ریسمان تایر گرفته تا کابلهای مناسب وسایل حفاری چاههای نفت بکار رفته اند.

- پلیمرهای غیرقابل اشتعال که حداقل دود و گازهای سمی را در هوا پخش می کند.

- پلیمرهای قابل شکسته شدن که نه تنها موجب کاهش حجم ضایعات پلاستیک میشوند بلکه موجب کنترل پخش داروها یا مواد شیمیایی کشاورزی می شوند.

- پلیمرهای هادی، که جریان الکتریسته قابل مقایسه با فلزها را از خود عبور می دهند.

- پلیمرهایی که نقش غیرقابل حل را برای کاتالیستها یا سنتز پروتئینهای خودکار یا اسیدهای نوکلئیک ایفا می کنند.

## تعاریف

### ۱-۲ الیگومر

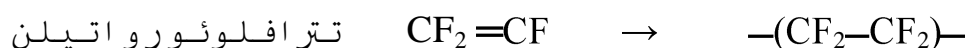
اگر تعداد کمی از مونومرها بهم متصل شوند پلیمری با وزن مولکولی کم حاصل شده که الیگومر<sup>۱</sup> (کلمه یونانی

oligos یعنی کم) نامیده می شود.

---

<sup>1</sup> - oligomer

از آنجایی که همه پلیمرهای مصنوعی از اتصال مونومرها بوجود می آیند نتیجه می گیریم که یک واحد تکراری معین چندین بار تکرار خواهد شد چنان واحدی که در داخل گروه یا پرانتز آورده می شوند همان واحدهای تکراری<sup>۱</sup> می باشند. در واکنشهای (۱-۱) واحدهای تکراری (CH<sub>2</sub>) و (CF<sub>2</sub>) می باشند.



گروه های انتهایی خارج از واحدهای ساختاری اند که زنجیره های پلیمر به آنها ختم می شوند. وقتی گروه های انتهایی مشخص شد خارج از گروه نشان داده می شوند. برای مثال:



### ۱-۳ درجه پلیمر شدن ( $\overline{DP}$ )<sup>۲</sup>

مربوط به تعداد کل واحدهای ساختاری شامل گروههای انتهایی و در نتیجه مربوط به طول زنجیر و نیز وزن مولکولی می باشد. از آنجا که زنجیرهای پلیمری در داخل یک نمونه پلیمری معین تقریباً همیشه از نظر طولی متفاوت می باشند (جز پلیمرهای طبیعی خاص مانند پروتئینها) معمولاً به درجه میانگین پلیمر شدن ( $\overline{DP}$ ) اشاره می شود.

### ۱-۴ پلیمر یکنواخت یا هموپلیمر

اگر پلیمر از یک نوع مونومر ساده A تشکیل شده باشد در این صورت محصول ایجاد شده هموپلیمر<sup>۱</sup> نامیده می شود.

<sup>1</sup> - repeat unit

<sup>2</sup> - degree of polymerization

## ۱-۵-کوپلیمر

اگر دو یا چند مونومروینیلی یا دی انی بکار رفته باشد محصول کوپلیمر نامیده می شود.

### ۱-۵-۱) کوپلیمرهای ( متناوب، تصادفی، دسته ای، پیوندی)

اگر دو واحد ساختاری بصورت یک در میان در یک آرایش خطی قرار گیرند محصول کوپلیمر **متناوب**<sup>۲</sup> نام دارد.



اگر توزیع بصورت تصادفی باشد محصول **تصادفی**<sup>۳</sup> نام دارد.



اگر آرایش بنحوی باشد که در آن بلوکهای A و B با هم ظاهر شوند به آن **دسته ای**<sup>۴</sup> گفته می شود.



یک آرایش دسته ای غیر خطی که شامل پلیمر اصلی است که یک پلیمر دیگر از آن منشعب میشود. این نوع کوپلیمر **پیوندی**<sup>۵</sup> نامیده می شود. برای تهیه کوپلیمرهای پیوندی سه روش کلی وجود دارد:

- یک مونومر در حضور یک پلیمر با شاخه حاصل از انتقال زنجیر پلیمریزه می شود.
- یک مونومر در حضور یک پلیمر که دارای گروه عاملی فعال باشد یا دارای محلهایی که مستعد فعال شدن باشد ( برای مثال، بوسیله پرتوافکنی) پلیمریزه می شود.
- دو پلیمر که دارای گروههای عاملی فعال باشند با هم واکنش دهند.

---

<sup>1</sup> - homopolymer

<sup>2</sup> - alternating copolymer

<sup>3</sup> - random

<sup>4</sup> - block copolymer

<sup>5</sup> - graft copolymer