





دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته شیمی گرایش شیمی فیزیک

کاربرد معادله‌ی حالت زنجیری کره‌ی سخت اختلال یافته (پی اچ اس سی) برای پلی اتیلن گلیکول، پلی پروپیلن - گلیکول و محلول‌های آن‌ها

نگارش:

هدی مصلحی

استاد راهنما:

دکتر دلارا محمد آقائی

استاد مشاور:

دکتر فاطمه سبزی

بهمن ۱۳۹۱

بسمه تعالی

کاربرد معادله‌ی حالت زنجیری کره‌ی سخت اختلال یافته (پی اچ اس سی) برای پلی-
اتیلن گلیکول، پلی پروپیلن گلیکول و محلول‌های آنها

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی

توسط:

هدی مصلحی

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه شیمی دانشکده علوم

دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه:

دکتر دلارا محمد آقائی استادیار (استاد راهنما)

دکتر فاطمه سبزی استادیار (استاد مشاور)

دکتر محمد مهدی علویان مهر دانشیار (داور)

دکتر عبدالرضا نکوئی استادیار (داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه: مهندس نصرت الله علی قنبری

حق چاپ محفوظ و متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم:

ای پدر از تو هر چه گویم باز هم کم می آورم
خوشیدی شدی که از روشنائی ات جان گرفتم، در ناامیدی مانام را
کشیدی و لبریزم کردی از شوق.
الکون حاصل دستان خستات رمز موفقیتم شد
به خودم تبریک می گویم که تو را دارم و دنیا با همه بزرگیش مثل تو را
ندارد.....

و تو ای مادر، ای شوق زیبای نفس کشیدن

ای روح مهربان، هستی ام

تو رنگ شادی بایم شدی و غصه بار با تمام وجود از من دور کردی و

عمری هستی بار با جان خریدی تا بتوانی طعم خوش

پیروزی را به من پشانی

قدردانی و پاس

پاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان، بخشد و به طریق علم و دانش را، نمونه‌مان شد و به بهنشین رحروان علم و دانش متفکرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی‌مان ساخت.

شایسته‌ترین مراتب پاس و قدردانی خود را به استاد بزرگوارم سرکار خانم دکتر محمد آقائی تقدیم می‌نمایم که در تمام مراحل مریاری نمودند. از درگاه باری تعالی برای ایشان آرزوی سلامتی و توفیق روز افزون را دارم.

با پاس از خانم دکتر سبزی که مشاوره این پایان نامه را به عهده گرفتند.

والا ترین مراتب پاس را به خانواده ام تقدیم می‌کنم که همواره پشتیبان و پناه من در روزهای سخت و شیرین زندگی ام بوده‌اند.

با شکر از

پدر و مادر عزیزم

خواهران عزیزم

طیبه و فرزانه

و

برادرم

حسین

چکیده

کاربرد معادله‌ی حالت زنجیری کره‌ی سخت اختلال یافته (پی اچ اس سی) برای پلی‌اتیلن گلیکول، پلی‌پروپیلن گلیکول و محلول‌های آنها

نگارش:

هدی مصلحی

پلیمرها دسته‌ای از مواد هستند که نقش بسیار مهمی در زندگی بشر دارند. این ترکیبات به صورت خالص و محلول در حلال‌های گوناگون کاربردهای فراوانی دارند. بنابراین آشنایی با ویژگی‌های ترمودینامیکی آنها حائز اهمیت بسیاری است. دستیابی به این خصوصیات برای پلیمرها و محلول‌های پلیمری هم به طریق اندازه‌گیری تجربی و هم به وسیله معادلات حالت انجام می‌شود. در این پایان نامه از معادله حالت زنجیری کره سخت اختلال یافته برای محاسبه دانسیته پلی‌اتیلن گلیکول، پلی‌پروپیلن گلیکول و برخی محلول‌های آنها استفاده شده است. محلول‌های پلیمری مورد مطالعه عبارتند از: محلول‌های آبی پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) و پلی‌پروپیلن گلیکول (PPG)، محلول PEG در حلال‌های بنزن، تتراهیدروفوران، تتراهیدروپیران، دی‌متیل‌سولفوکسید و محلول PPG در حلال آنیزول. مقایسه مقادیر محاسبه شده برای PEG، PPG و محلول‌های مطالعه شده‌ی آنها (توسط معادله حالت زنجیری کره سخت اختلال یافته در دو حالت خالص و محلول) با مقادیر تجربی، توافق قابل قبولی را نشان می‌دهد. بنابراین این معادله حالت، معادله‌ای مناسب برای محاسبه خواص حجمی این دو پلیمر و محلول‌های پلیمری ذکر شده می‌باشد. استفاده از معادلات حالت در پیش بینی خواص سیستم‌های پلیمری منجر به صرفه جویی در وقت و هزینه می‌گردد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱: مقدمه
۲	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ ساختار پلیمرها، انواع و روش‌های سنتز آنها
۴	۱-۲-۱ دسته‌بندی پلیمرها براساس خاصیت ارتجاعی آنها
۴	۱-۲-۱-۱ پلاستیک‌ها
۵	۱-۲-۱-۲ الاستومرها
۵	۲-۲-۱ سنتز پلیمرها
۸	۳-۱ پلی اتیلن گلیکول
۹	۱-۳-۱ برخی کاربردهای پلی اتیلن گلیکول
۹	۴-۱ پلی پروپیلن گلیکول
۱۰	۵-۱ محلول پلیمری
۱۱	۶-۱ برخی کاربردهای محلول‌های پلیمری
۱۲	۷-۱ خصوصیات ترمودینامیکی
۱۳	۸-۱ اهمیت اندازه‌گیری ویژگی‌های پلیمرها
۱۳	۹-۱ روش‌های اندازه‌گیری خصوصیات پلیمرها

۱۴	۱۰-۲ معادلات حالت و اهمیت استفاده از آن‌ها
۱۴	۱۱-۱ هدف پروژه
۱۵	۱۲-۱ رئیس مطالب ارائه شده در این پایان نامه
۱۶	فصل ۲: مروری بر معادلات حالت ارائه شده
۱۷	۱-۲ مقدمه
۱۷	۲-۲ معادله حالت واندروالس
۱۸	۳-۲ اصلاحات جمله‌ی جاذبه
۲۳	۴-۲ اصلاحات جمله‌ی دافعه
۲۵	۵-۲ ترکیب اصلاح هر دو جمله‌ی جاذبه و دافعه
۲۵	۶-۲ معادله‌ی حالت برای مولکول‌های زنجیری
۳۹	۷-۲ زنجیرهای ناهمگن
۴۰	۸-۲ ارتباط بین معادلات حالت
۴۰	۹-۲ مقایسه‌ی معادلات حالت و نتایج آن‌ها با داده‌های تجربی
۴۲	۱۰-۲ مقایسه‌ی نتایج حاصل از معادلات حالت با داده‌های شبیه‌سازی مولکولی
۴۳	۱۱-۲ نتیجه‌گیری و جمع‌بندی
۴۴	فصل ۳: معادله حالت زنجیری کره سخت اختلال یافته و بعضی از کاربردهای آن
۴۵	۱-۳ مقدمه
۴۵	۲-۳ معادله حالت زنجیری کره سخت اختلال یافته
۴۹	۳-۳ بعضی از کاربردهای معادله PHSC
۵۵	فصل ۴: محاسبات و نتایج
۵۶	۱-۴ مقدمه
۵۶	۲-۴ محاسبه‌ی ویژگی‌های پلیمرهای PEG و PPG

۵۶	۱-۲-۴ محاسبه ϵ ، σ و $\frac{r}{M}$ برای پلیمرهای PEG و PPG.....
۵۸	۲-۲-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی پلیمر PEG در وزن‌های مختلف
۶۷	۳-۲-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی پلیمر PPG در وزن‌های مختلف
۸۰	۳-۴ محاسبه‌ی چگالی محلول‌های PEG و PPG در حلال‌های مختلف
۸۰	۱-۳-۴ محاسبه‌ی ϵ ، σ و r برای حلال‌ها
۸۱	۲-۳-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی محلول آبی پلی اتیلن گلیکول.....
۸۹	۳-۳-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی محلول پلی اتیلن گلیکول در بنزن.....
۹۳	۴-۳-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی محلول پلی اتیلن گلیکول در THF.....
۹۴	۵-۳-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی محلول پلی اتیلن گلیکول در THP.....
۹۵	۶-۳-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی محلول پلی اتیلن گلیکول در DMSO.....
۹۶	۷-۳-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی محلول آبی پلی پروپیلن گلیکول.....
۱۰۴	۸-۳-۴ نتایج به دست آمده برای چگالی محلول پلی پروپیلن گلیکول در آنیزول
۱۱۰	۴-۴ بحث و نتیجه‌گیری
۱۱۶	مراجع

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۵۰	جدول ۱-۳: چگالی تجربی و محاسباتی برای فلز تانتالوم و مقایسه‌ی آن‌ها با هم [۶۱].....
۵۷	جدول ۱-۴: پارامترهای معادله‌ی PHSC برای PEG و PPG.....
۵۸	جدول ۲-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PEG-200.....
۶۰	جدول ۳-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PEG-300.....
۶۲	جدول ۴-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PEG-400.....
۶۴	جدول ۵-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PEG-600.....
۶۶	جدول ۶-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PEG در فشار یک اتمسفر.....
۶۸	جدول ۷-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PPG-425.....
۷۰	جدول ۸-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PPG-725.....
۷۲	جدول ۹-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PPG-1000.....
۷۴	جدول ۱۰-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PPG-2000.....
۷۶	جدول ۱۱-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PPG-3000.....
۷۸	جدول ۱۲-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای PPG-4000.....
۸۱	جدول ۱۳-۴: پارامترهای معادله‌ی PHSC برای حلال‌ها.....
۸۲	جدول ۱۴-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PEG-200.....
۸۳	جدول ۱۵-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PEG-300.....
۸۵	جدول ۱۶-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PEG-400.....
۸۶	جدول ۱۷-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PEG-550.....
۸۷	جدول ۱۸-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PEG-600.....
۸۹	جدول ۱۹-۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-200 با بنزن.....

جدول ۴-۲۰: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-300 با بنزن	۹۰
جدول ۴-۲۱: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-400 با بنزن	۹۰
جدول ۴-۲۲: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-600 با بنزن	۹۱
جدول ۴-۲۳: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-900 با بنزن	۹۱
جدول ۴-۲۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-1000 با بنزن	۹۲
جدول ۴-۲۵: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-1500 با بنزن	۹۲
جدول ۴-۲۶: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-200 با تتراهیدروفوران	۹۳
جدول ۴-۲۷: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG-200 با تتراهیدرو پیران	۹۴
جدول ۴-۲۸: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PEG با دی متیل سولفو کسید	۹۵
جدول ۴-۲۹: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PPG-400 در	۲۸۳/۱۵K
جدول ۴-۳۰: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PPG-400 در	۲۸۸/۱۵K
جدول ۴-۳۱: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PPG-400 در	۲۹۳/۱۵K
جدول ۴-۳۲: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PPG-400 در	۲۹۸/۱۵K
جدول ۴-۳۳: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PPG-400 در	۳۰۳/۱۵K
جدول ۴-۳۴: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PPG-400 در	۳۰۸/۱۵K
جدول ۴-۳۵: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول آبی PPG-400 در	۳۱۳/۱۵K
جدول ۴-۳۶: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PPG-425 با آنیزول در	X(PPG)=0.0886

- جدول ۴-۳۷: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PPG-425 با آنیزول در
 ۱۰۶.....X(PPG)=0.1794
- جدول ۴-۳۸: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PPG-425 با آنیزول
 در ۱۰۷..... X(PPG)=0.2726
- جدول ۴-۳۹: مقایسه‌ی چگالی محاسباتی و تجربی برای محلول PPG-425 با آنیزول در
 ۱۰۹.....X(PPG)=0.3683
- جدول ۴-۴۰: انحراف مطلق میانگین (AAD) برای پلیمرها ۱۱۱
- جدول ۴-۴۱: انحراف مطلق میانگین (AAD) برای محلول‌ها ۱۱۱
- جدول ۴-۴۲: انحراف مطلق میانگین (AAD) برای محلول PPG-425 با آنیزول ۱۱۲

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: کوپلیمر تصادفی	۳
شکل ۲-۱: کوپلیمر متناوب	۳
شکل ۳-۱: کوپلیمر بلوکی	۳
شکل ۴-۱: کوپلیمر گرافت	۴
شکل ۵-۱: مرحله آغازین پلیمریزاسیون افزایشی	۶
شکل ۶-۱: ادامه‌ی مرحله آغازین پلیمریزاسیون افزایشی	۷
شکل ۷-۱: مرحله انتشار پلیمریزاسیون افزایشی	۷
شکل ۸-۱: مرحله پایانی پلیمریزاسیون افزایشی	۷
شکل ۹-۱: پلیمریزاسیون تراکمی	۸
شکل ۱۰-۱: پلی اتیلن گلیکول و واحد سازنده آن	۸
شکل ۱۱-۱: واکنش تشکیل پلی پروپیلن گلیکول	۱۰
شکل ۱-۲: مقایسه فشار بخار تجربی و محاسباتی با معادله‌ی PACT برای R22 و R134a [۴۰] خطوط نتایج محاسباتی و نقاط نتایج تجربی را نشان می‌دهند	۳۲
شکل ۲-۲: چگالی محلول آبی n-heptan در دمای ۶۷۳ درجه کلوین [۴۴] خطوط چگالی‌های پیش بینی شده توسط معادله‌ی SAFT و نقاط نشان دهنده‌ی نتایج تجربی می‌باشند	۳۸
شکل ۳-۲: مقایسه فاکتور تراکم‌پذیری حاصل از شبیه سازی با بعضی معادلات حالت [۱۲] در نمودار نمادهای دایره و مثلث نتایج حاصل از شبیه سازی را نشان می‌دهد [۵۶، ۵۷]	۴۳
شکل ۱-۳: مقدار انحراف چگالی پیش بینی شده‌ی فلز سزیم از مقادیر تجربی در فشارهای مختلف، (\diamond) ۱۰۰ bar، (\square) ۶۰۰ bar و (Δ) ۱۰۰۰ bar [۶۵]	۵۱
شکل ۲-۳: تعادل مایع-بخار برای محلول بنزن-پلی استایرن [۶۰]	۵۲

شکل ۳-۳: نمودار تعادل مایع- بخار برای حلال کلروفرم با پلیمرهای پلی استایرن و پلی بوتیل متا اکریلیت و پلی (استایرن-CO- بوتیل متا اکریلیت)؛ w_1 : کسر وزنی کلروفرم [۷۴] ۵۳

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ مقدمه

بشر با انگیزه‌ی دست یابی به مواد جدید، با استفاده از مواد آلی (عمدتا هیدروکربن‌ها) موجود در طبیعت، به تولید مواد مصنوعی پرداخت. این مواد عمدتاً شامل عناصر کربن، گوگرد، هیدروژن و نیتروژن بوده و به نام مواد پلیمر^۱ معروف هستند. مواد پلیمری کاربردهای وسیعی از جمله در ساخت لوازم خانگی، اسباب بازی‌ها، بسته بندی‌ها، کیف و چمدان، کفش، میز و صندلی، لوله های انتقال آب و انواع رنگ‌ها دارند. البته پلیمرهای طبیعی نیز وجود دارند، به عنوان مثال بدن ما از پلیمرهای زیادی مانند پروتئین‌ها و آنزیم‌ها ساخته شده است. پلیمرهای طبیعی مانند چوب و پشم و... برای قرن‌های متمادی مورد استفاده‌ی بشر قرار گرفته اند. بنابراین می‌توان گفت پلیمرها در تمام جنبه‌های زندگی بشر نقش دارند. این امر اهمیت آشنایی با ویژگی‌ها و خصوصیات ترمودینامیکی پلیمرها را روشن می‌سازد. دست‌یابی به این خصوصیات پلیمرها علاوه بر روش‌های آزمایشگاهی، از طریق معادلات حالت نیز می‌تواند صورت گیرد.

۲-۱ ساختار پلیمرها، انواع و روش‌های سنتز آنها

واژه‌ی پلیمر از دو کلمه‌ی یونانی poly به معنای بسیار و meros به معنای قسمت‌ها یا واحدها تشکیل شده است. پلیمر یک مولکول بسیار بزرگ است که از واحدهای تکرار شونده‌ی کوچکی به نام مونومر^۲ ساخته شده است. مونومرها با پیوندهای کووالانسی به هم متصل می‌شوند.

^۱ Polymer

^۲ Monomer

پلیمرها دسته بندی‌های مختلفی دارند، این دسته بندی‌ها می‌توانند بر طبق روش سنتز آنها، بر حسب ساختار مولکولی و غیره باشند. یکی از این دسته بندی‌ها بر مبنای انواع مونومرهای تشکیل دهنده‌ی آنهاست، که بر این اساس، پلیمرها به دو دسته‌ی هوموپلیمر^۱ و کوپلیمر^۲ تقسیم بندی می‌شوند. هوموپلیمر پلیمری است که تنها از یک نوع مونومر ساخته شده است؛ در مقایسه، کوپلیمر پلیمری است که حداقل دارای دو نوع مونومر در ساختار خود باشد.

کوپلیمرها بسته به آرایش مونومرها در ساختارشان به چند دسته تقسیم می‌شوند:

(۱) کوپلیمر تصادفی^۳: دو نوع یا بیش از دو نوع مونومر به صورت تصادفی در ساختار این پلیمر قرار می‌گیرند.

-A-A-B-A-B-B-A-B-A-A-B-A-A-A-B-A-B-B-A-B-B-B-A-A-B-A-A-

شکل ۱-۱: کوپلیمر تصادفی.

(۲) کوپلیمر متناوب^۴: در این نوع پلیمر، مونومرها به صورت یک در میان در زنجیره‌ی پلیمری قرار می‌گیرند.

-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-

شکل ۲-۱: کوپلیمر متناوب.

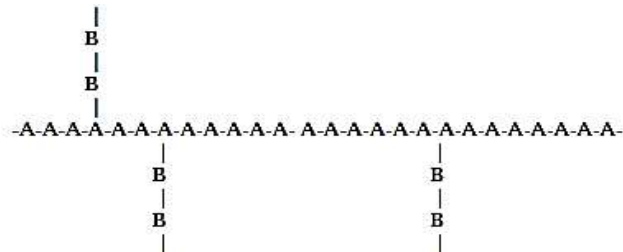
(۳) کوپلیمر بلوکی^۵: این نوع کوپلیمر شامل قطعاتی از مونومرهای مختلف می‌باشد که به دنبال هم قرار می‌گیرند.

-A-A-A-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-A-A-A-A-A-

شکل ۳-۱: کوپلیمر بلوکی.

-
- Homopolymer^۱
 - Copolymer^۲
 - Random copolymer^۳
 - Alternating copolymer^۴
 - Block copolymer^۵

۴) کوپلیمر گرافت^۱: نوع خاصی از پلیمرهای شاخه‌ای است که زنجیر اصلی در آن از یک نوع مونومر تشکیل شده در حالی که شاخه‌های جانبی از مونومرهای دیگر به آن اتصال دارند [۱].



شکل ۱-۴: کوپلیمر گرافت.

۱-۲-۱ دسته بندی پلیمرها بر اساس خاصیت ارتجاعی آنها

از دیدگاه خصلت ارتجاعی، پلیمرها به دو دسته‌ی پلاستیک^۲ و الاستومر^۳ تقسیم می‌شوند.

۱-۲-۱-۱ پلاستیک‌ها

پلاستیک‌ها موادی هستند که در شرایط مناسب دما و فشار می‌توان آنها را شکل داده، قالب گیری کرد، و آنها قادرند شکل حاصله را نگه دارند. در مقایسه با الاستومرها، پلاستیک‌ها دارای سختی بیشتر هستند. پلاستیک‌ها همچنین خصلت ارتجاعی برگشت پذیر ندارند و به دو صورت سنتزی و طبیعی یافت می‌شوند. آنها ویژگی‌های منحصربفردی دارند که بقیه‌ی مواد این خصوصیات را ندارند مانند وزن کم، رنگ‌های متنوع، هدایت گرمایی و الکتریکی کم، شکنندگی کم. پلاستیک‌ها خود به دو گروه ترموپلاست^۴ و ترموست^۵ تقسیم بندی می‌شوند.

^۱ Graft copolymer

^۲ Plastic

^۳ Elastomer

^۴ Thermoplast

^۵ Thermoset

ترموپلاست ها یا همان ترموپلاستیک پلیمرها در اثر گرم شدن نرم می شوند و با از دست دادن گرما و سرد شدن مجددا سخت می شوند، البته این فرآیند برگشت پذیر است. این دسته از پلیمرها به صورت خطی می باشند. پلیمرهای پلی ونیل کلراید (PVC)^۱، نایلون^۲ و پلی پروپیلن (PP)^۳ نمونه هایی از ترموپلاست ها هستند.

ترموست ها به گرما و فشار زیادی نیاز دارند تا به شکل خاصی در آیند. این دسته از پلیمرها بعد از اینکه شکل معینی به خود گرفتند، تغییر شکل نمی دهند اما در اثر گرما تجزیه می شوند. پس تفاوت آن ها با ترموپلاست ها در این است که ترموپلاست ها قابل بازیافت اند اما ترموست ها این قابلیت را ندارند. بیشتر ترموست ها شبکه ای سه بعدی دارند. وزن زیاد و پایداری گرمایی بالا از خصوصیات آن ها است. اپوکسی ها^۴ از جمله ترموست ها می باشند.

۲-۱-۲-۱ الاستومرها

دسته ی بعدی پلیمرها الاستومرها هستند که به آن ها لاستیک نیز می گویند. این پلیمرها با حذف فشار دوباره به فرم اولیه ی خود در می آیند و به دو صورت طبیعی و سنتزی یافت می شوند [۲].

۲-۲-۱ سنتز پلیمرها

پلیمرها طی فرآیندی به نام پلیمریزاسیون^۵، از اتصال مونومرها به وسیله ی پیوند کووالانسی به وجود می آیند.

^۱ Polyvinyl chloride

^۲ Nylon

^۳ Polypropylene(PP)

^۴ Epoxie

^۵ Polymerization

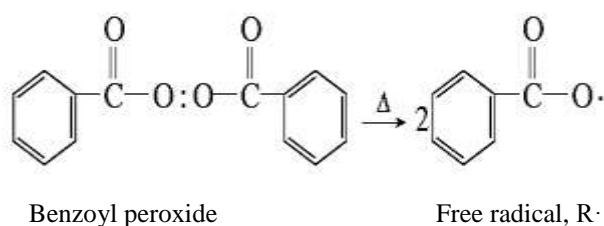
دو روش اصلی برای سنتز پلیمرها وجود دارد: پلیمریزاسیون افزایشی^۱ و پلیمریزاسیون

تراکمی^۲

(۱) پلیمریزاسیون افزایشی: این فرآیند تحت عنوان پلیمریزاسیون زنجیری نیز شناخته می شود و نمونه‌ای از واکنش‌های زنجیری است. این روش سنتز شامل سه مرحله است: مرحله آغازین^۳، مرحله انتشار^۴ و مرحله پایانی^۵

این روش با سنتز پلی اتیل اکریلیت^۶ به عنوان مثال توضیح داده می شود:

در مرحله‌ی اول بنزوئیل پروکسید به عنوان آغازگر وارد عمل می‌شود. پیوند O-O در پروکسیدها ضعیف است، بنابراین بنزوئیل پروکسید در اثر گرما دچار همولیز (شکست متقارن) شده و دو رادیکال آزاد تولید می‌کند.



شکل ۱-۵: مرحله‌ی آغازین پلیمریزاسیون افزایشی.

در ادامه از R[•] به عنوان نماد گونه‌ی رادیکالی استفاده می‌کنیم. بخش دوم مرحله‌ی آغازین شامل حمله‌ی رادیکال آزاد به مونومر و اتصال به آن است. به این صورت مونومر فعال شده حاصل می‌گردد.

^۱ Addition polymerization

^۲ Condensation polymerization

^۳ Initiation

^۴ Propagation

^۵ Termination

^۶ Poly (ethyl acrylate)