

پلیمرها



مونومر

پلیمر

مشابهت پلیمر و مونومر به زنجیر و حلقه های سازنده زنجیر

کلمه پلیمر به معنای چند قسمت (از واژه های یونانی، **poly** و **meros**) گرفته شده است. بنابر این پلیمرها درشت مولکول هایی هستند که از اتصال شیمیایی تعداد زیادی مولکول های کوچک ساخته شده اند، که به آن ها مونومر گفته می شود. جرم مولی پلیمرها می تواند در محدوده هزاران تا میلیون ها باشد.

ابتدا با مفهوم برخی واژه ها در علم پلیمر آشنا می شویم

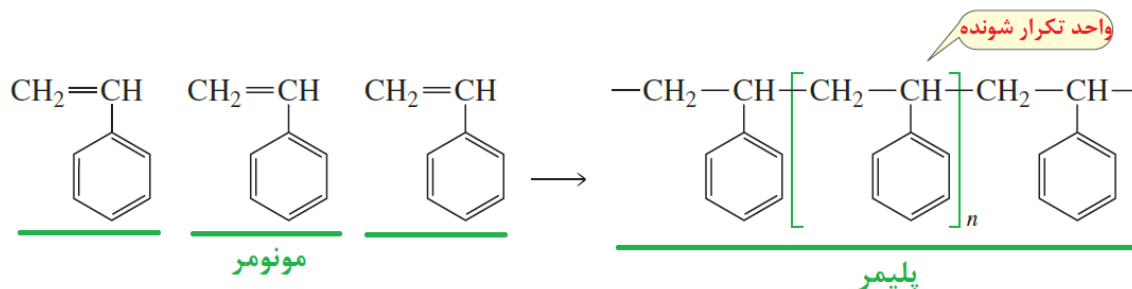
مولکول های کوچک (ریز مولکول ها)، درشت مولکول و پلیمر (بسیار)

ریز مولکول مولکول های کوچک با وزن مولکولی کم تا متوسط را ریز مولکول می نامند. مانند: متان CH_4 ، آب H_2O ، بنزن C_6H_6 ، بنزن C_8H_{18}

درشت مولکول مولکول های بزرگ با وزن مولکولی زیاد، درشت مولکول نامیده می شوند. مانند مولکول های سلولز، نشاسته، چربی، تری گلیسیریدها، پروتئین ها

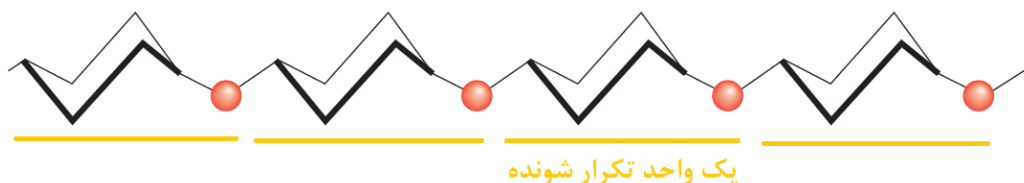
پلیمر پلیمرها درشت مولکول هایی هستند که از زنجیری متشکل از مولکول های کوچک متصل به هم با وزن مولکولی زیاد ساخته شده اند. طبق این تعریف، پلیمرها در دسته درشت مولکول ها قرار دارند.

مونومر مولکول های کوچکی که به یک دیگر متصل شده اند تا پلیمر را بسازند، مونومر نامیده می شوند. مونومرها توانایی و قابلیت اتصال به مولکول های مشابه خود را دارند.



واحد تکرار شونده در زنجیر اکثر پلیمرها، در اغلب موارد معادل با مونومر هستند. مثلاً واحدهای ساختمانی تشکیل دهنده پلاستیک پلی اتن، مولکول های اتن می باشند.

بخشی از ساختار یک پلیمر

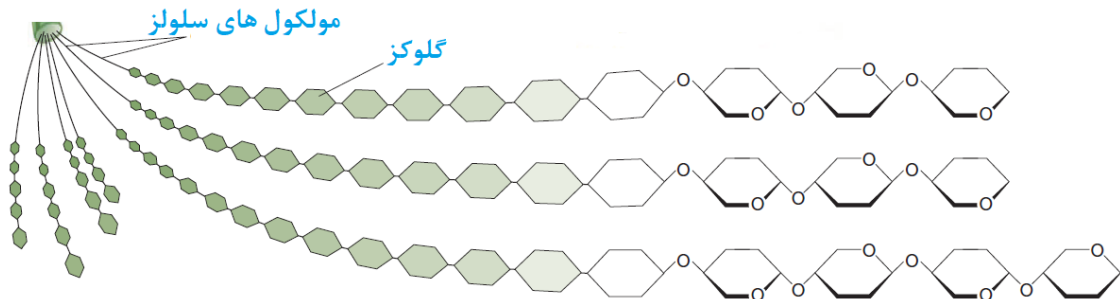


پلیمری شدن یا بَسیارِش واکنش شیمیایی است که در آن تعداد زیادی از مولکول های کوچک (مونومرها) در شرایط مناسب با ایجاد پیوند کوالانسی به یک دیگر متصل می شوند، و مولکول هایی بسیار بزرگ (درشت مولکول) با زنجیرهای بلند و جرم مولی زیاد را تولید می کنند.

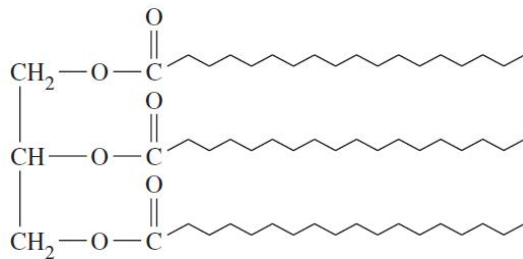
سوال آیا همه درشت مولکول ها پلیمر محسوب می شوند؟

پاسخ خیر، پلیمر یعنی درشت مولکولی که از پیوند واحدهای تکرار شونده کوچک، تشکیل شده است.

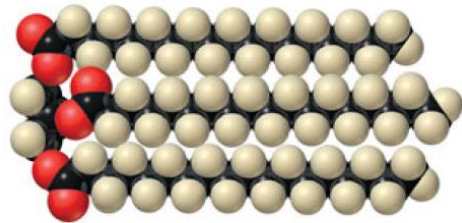
برای مثال، پنبه یک پلیمر است چون الیاف آن از سلولز تشکیل شده اند و سلولز نیز زنجیری بسیار بلند است که از اتصال شمار زیادی مولکول گلوکز (واحد تکرار شونده) به یک دیگر ساخته شده است.



اما چربی ها درشت مولکول هایی هستند که پلیمر محسوب نمی شوند، چون در ساختار مولکولی آن ها واحدهای تکرار شونده (مونومر) وجود ندارد.



ساختار مولکولی نوعی چربی



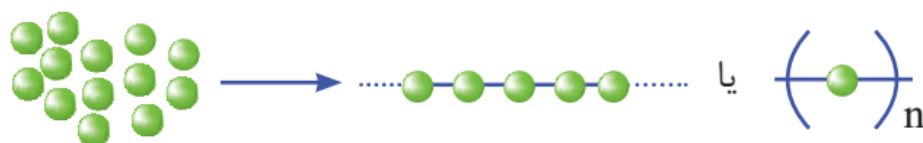
برای شناخت بیشتر جایگاه پلیمرها در مقایسه با سایر مواد آلی از نظر اندازه مولکول ها و جرم مولکولی آن ها، جدول زیر راهنمای این امر است.

مثال	حالت مولکولی	اندازه مولکولی
اتن	گاز	C ₁ تا C ₄
بنزین	مایع	C ₅ تا C ₉
نفت و گازوئیل	مایع	C ₉ تا C ₁₆
روغن های چرب و روان کننده	مایع روغنی	C ₁₆ تا C ₃₅
گریس	خمیری با گرانی متوسط	C ₃₅ تا C ₇₀
واکس های پارافینی جامد (موم)	جامد واکسی	C ₁₅₀
پلی اتن	جامد	C ₁₅₀₀ +

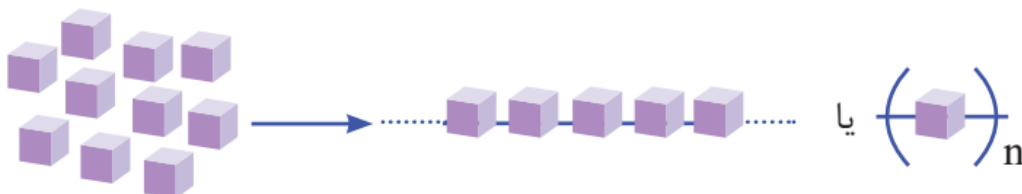
در مقایسه با وزن مولکولی سایر مواد آلی غیر پلیمری، متان CH₄ با جرم مولی ۱۶ g.mol⁻¹ سبک ترین و تری گلیسیریدها با وزن مولکولی ۱۰۰۰ g.mol⁻¹ تقریباً سنگین ترین مواد آلی هستند. برخی انواع پلیمرها دارای صدها یا هزاران واحد مونومری هستند و وزن مولکولی بالای هزار یا میلیون واحد دارند.

به این نکته توجه کنید که، تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده ای برای اتصال شمار مونومرها به یک دیگر ارائه نشده است. به همین دلیل برای پلیمرها نمی توان فرمول مولکولی دقیق نوشت.

برای نمایش پلیمرها، واحد تکرار شونده پلیمر را درون پرانتز نوشته و زیروند n را جلوی آن می نویسند. در شکل زیر الگوی تشکیل یک پلیمر را مشاهده می کنید.



بر اساس الگوی نشان داده شده در بالا با تغییر نوع مونومرها، می توان پلیمر جدیدی با ساختار و خواص متفاوت تهیه کرد.



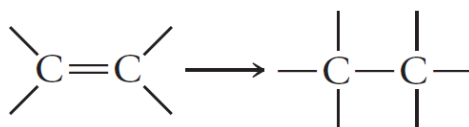
خواص پلیمرها پلیمرها تفاوت زیادی با مونومرهای سازنده خود دارند. یک پلیمر تا حدی مقاوم است زیرا در آن مولکول ها کنار هم قرار گرفته و تا حدودی اتصال دارند، و بین مولکول های بزرگ پلیمر نیروهای قوی بین مولکولی وجود دارد.

پلیمرها شامل: پلیمرهای طبیعی و پلیمرهای ساختگی هستند. مولکول های مهم در بیولوژی همچون پروتئین ها، نوکلئیک اسیدها، و پلی ساکاریدها (نشاسته و سلولز در چوب و پنبه) پلیمرهای طبیعی هستند. همچنین، لاستیک طبیعی و الیاف طبیعی مانند ابریشم و پشم، پلیمرهای طبیعی می باشند. مثال هایی از خانواده پلیمرهای ساختگی، شامل پلاستیک هایی همچون پلی اتن، تفلون، و پلاستیک های رزین و الیاف مصنوعی مثل نایلون، اورلون، و داکرون می باشند. در این قسمت برخی فرایندهای تولید پلیمرها از ترکیب های آلی شرح داده می شوند.

دسته بندی پلیمرها پلیمرهای صنعتی به روش های گوناگون دسته بندی می شوند. یکی از این دسته بندی ها، واکنش آن ها در برابر گرما است. پلیمرهای گرما نرم (ترموپلاستیک) مانند پلی اتن، که وقتی گرم شوند، نرم و انعطاف پذیر شده و در اثر سرد شدن دوباره سخت می شوند. پلیمرهای گرماسخت (ترموستیک) مثل فرمیکا، که ابتدا نرم هستند اما در اثر گرما سخت شده و دیگر به حالت اول بر نمی گردند. دسته بندی های دیگری نیز برای پلیمرها بر اساس نوع کاربرد آن ها وجود دارد، برای مثال، پلاستیک ها، الیاف، لاستیک ها (الاستومرها)، رنگ ها و چسب ها، کامپوزیت ها.

دسته بندی که در شیمی بیشتر مورد نظر است، بر اساس روش سنتز پلیمرها می باشد. پلیمرهای افزایشی که از اتصال مستقیم واحدهای مونومر به یک دیگر ساخته می شوند. پلیمرهای تراکمی که به وسیله هم پیوستن واحدهای مونومر به یک دیگر و جدا شدن مولکول های کوچک (اغلب آب)، ساخته می شوند.

پلیمرهای افزایشی هنگامی که واحدهای مونومر مستقیماً به هم متصل می شوند، یک پلیمر افزایشی ساخته می شود. جدول زیر برخی پلیمرهای افزایشی ساختگی را نشان می دهد. توجه داشته باشید که هر کدام از این پلیمرهای افزایشی یک پیوند دوگانه کربن - کربن دارد. در پلیمری شدن افزایشی، پیوندهای دوگانه $C = C$ به پیوندهای یگانه $C - C$ تبدیل می شوند.



و واحدهای مونومری به طور متوالی به هم متصل می شوند.

پلیمرهای افزایشی مشتق شده از اتن (اتیلن)			
فرمول	نام رایج مونومر	نام پلیمر (نام تجاری)	کاربرد
$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	اتن (اتیلن)	پلی اتن (پلی اتیلن) (پلی تن)	بطری های فشرده، کیف، اسباب بازی و لوازم قالب گیری، روکش عایق الکتریکی
$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{CH}_3 \end{array}$	پروپن (پروپیلن)	پلی پروپن (پلی پروپیلن) (وکترا، هرکولون)	بطری ها، الیاف، فرش خانگی و زیرانداز
$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{Cl} \end{array}$	وینیل کلرید	پلی وینیل کلرید (PVC)	کف پوش، بارانی، لوله
$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{CN} \end{array}$	آکریلونیتریل	پلی اکریلونیتریل (اورلون، آکریلان)	فرش، پارچه
$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	استیرن	پلی استیرن (استیروفوم، استیرون)	سرد نگهدارنده های غذا و نوشابه، ساخت مواد عایق گرما
$\begin{array}{c} \text{F} & & \text{F} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{F} & & \text{F} \end{array}$	تترا فلوئور اتن	پلی تترا فلوئور اتن (تفلون)	واشر، عایق، یاتاقان، روکش ماهی تابه

پلی اتن (پلی اتیلن)، پلی استیرن و پلی وینیل کلرید (PVC) پلیمرهای افزایشی رایج هستند. این پلیمرها با به هم پیوستن آلکن های ساده همچون اتن (اتیلن) ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$)، استیرن ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2$) و وینیل کلرید (کلرو اتن) ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$) ساخته می شوند. این پلیمرها و پلیمرهای افزایشی دیگر، که همگی از آلکن ها ساخته می شوند، دارای خواص و کاربردهای گسترده هستند.



(a) پلی اتیلن با چگالی بالا



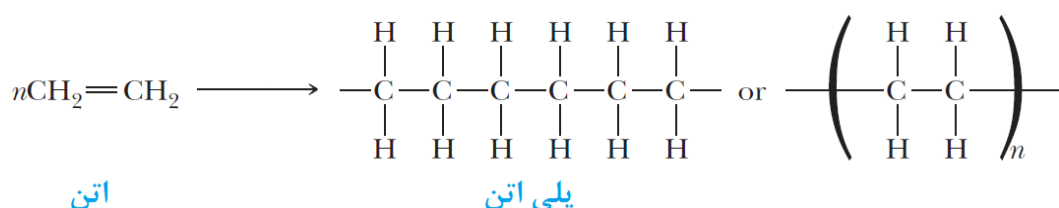
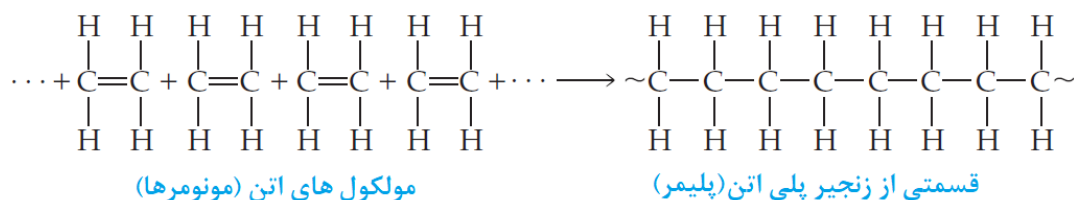
(b) پلی استیرن



(c) پلی وینیل کلرید

پلی اتن (پلی اتیلن) و دیگر مشتقات آن

پلی اتن (پلی اتیلن) مهمترین فراورده پلیمری از نظر مقدار تولید است. اتن (C_2H_4)، مونومری که پلی اتن از آن ساخته می شود، از پالایش نفت خام به دست می آید. هنگامی که اتن در دمای بین $100^{\circ}C$ تا $250^{\circ}C$ و فشار ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ اتمسفر در حضور کاتالیزگر مناسب گرما داده می شود، پلیمری با جرم مولی چندین میلیون تشکیل می شود. واکنش انجام شده را می توان با معادله های شیمیایی زیر نشان داد.



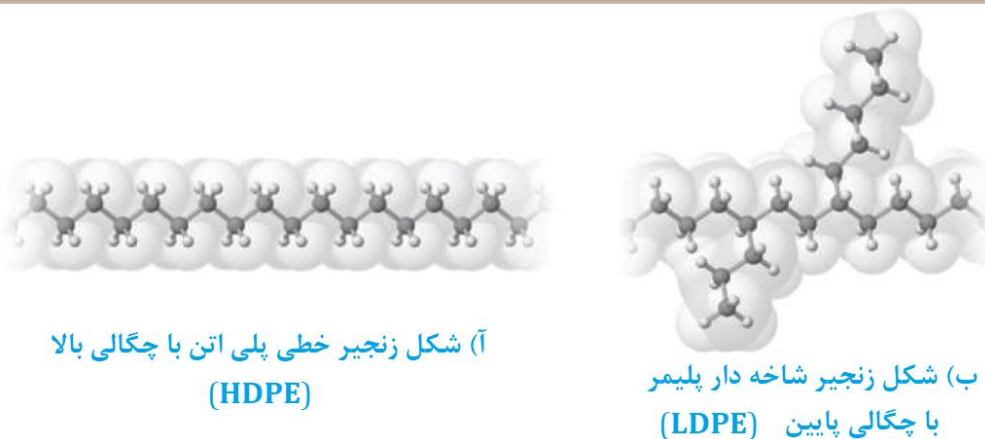
فرمول خلاصه شده فراورده واکنش $n(-CH_2CH_2-)$ نشان می دهد که پلی اتن یک زنجیر از اتم های کربن است، که هر کدام دو اتم هیدروژن دارند. طول زنجیر پلی اتن می تواند بسیار بلند باشد. در یک پلی مر با جرم مولی ۱ میلیون تقریباً ۳۶۰۰۰ مولکول اتن به هم متصل شده اند.



نمونه های از پلی اتن در فشارهای مختلف و کاتالیزگر ساخته شده که به دلیل ساختار مولکولی متفاوت خواص متفاوتی دارند. برای مثال، هنگامی که از کاتالیزگر کروم (III) اکسید استفاده می شود، فراورده تقریباً زنجیر خطی است (تصویر زیر شکل آ). اگر اتن در فشار بالا تا دمای $230^{\circ}C$ گرم شود، شاخه های نامنظم روی زنجیر آن تشکیل می شود (تصویر زیر شکل ب). شرایط دیگر می توانند موجب تشکیل پلی اتن با اتصال های عرضی شوند.

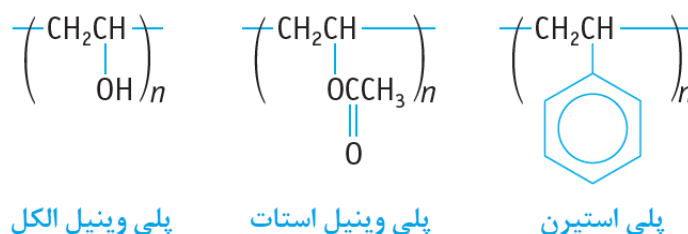
هنگامی که زنجیرهای خطی پلی اتن با جرم مولی زیاد در کنار هم قرار گیرند، ماده ای با چگالی 0.97 g/cm^3 به دست می آید. این ماده پلی اتن با چگالی بالا (HDPE) نامیده می شود که سخت و محکم است، و برای ساختن وسایلی همچون بطری شیر مناسب است. اگر زنجیر پلی اتن دارای شاخه باشد، زنجیرها نمی توانند کنار هم قرار گیرند، و پلی اتن با چگالی پایین (0.92 g/cm^3) به دست می آید، که به آن پلی اتن با چگالی پایین (LDPE) گفته می شود. این ماده نسبت به (HDPE)، نرمتر و قابل انعطاف است. از این نوع پلی اتن برای ساخت طناب و پاکت پلاستیکی استفاده می شود.

ورقه های نازک پلی اتن. ورقه های پلی اتن به وسیله قالب گیری پلاستیک مذاب تهیه می شود



پلیمرهایی که از اتن با گروه جانشین شده (X) ساخته می شوند، دارای خواص و کاربردهای گوناگونی هستند. برخی اوقات خواص این پلیمرها بر اساس ساختار مولکولی شان قابل پیش بینی است. پلیمرهای بدون گروه های جانشین شده قطبی همچون پلی استیرن، اغلب در حلال های آلی حل می شوند، که خاصیتی مفید برای ساخت برخی انواع پلیمرها است.

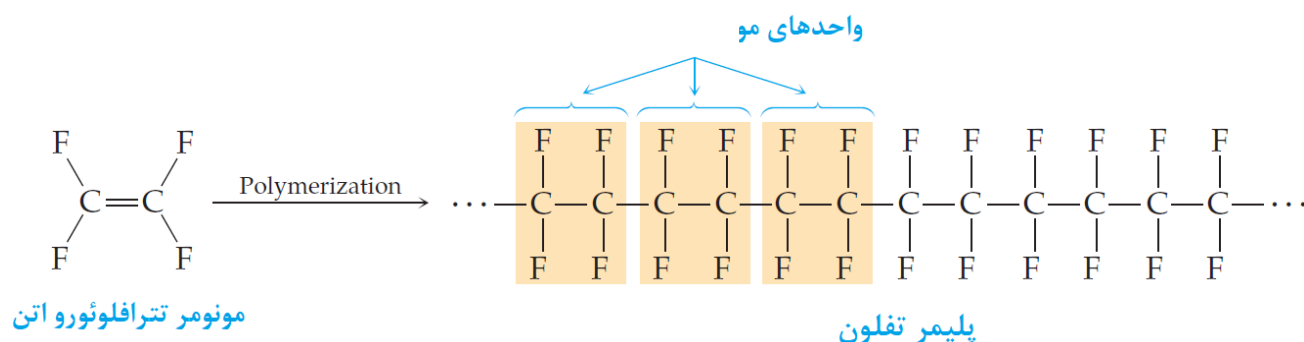
برخی پلیمرها بر اساس گروه جانشین شده در اتن



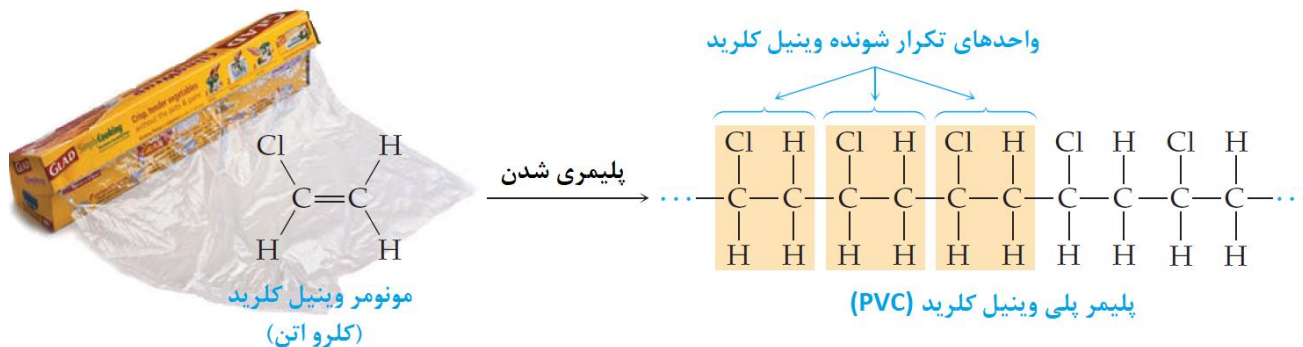
وینیل الکل پلیمری است که تمایل کمی به حل شدن در حلال های ناقطبی دارد، اما تمایل به حل شدن آن در آب بیشتر است، که پدیده ای شگفت انگیز نیست، و به تعداد زیاد گروه قطبی OH در آن مربوط است.

انحلال پذیری یک پلیمر در آب یا یک حلال آلی می تواند یک فرض باشد. برخی کاربردهای پلی تترافلوئورو اتن یا تفلون $(-CF_2CF_2-)_n$ به خاطر این است که این پلیمر نه در آب و نه در حلال های آلی حل نمی شود. معادله واکنش پلیمری شدن برخی پلیمرهای افزایشی در زیر آورده شده است.

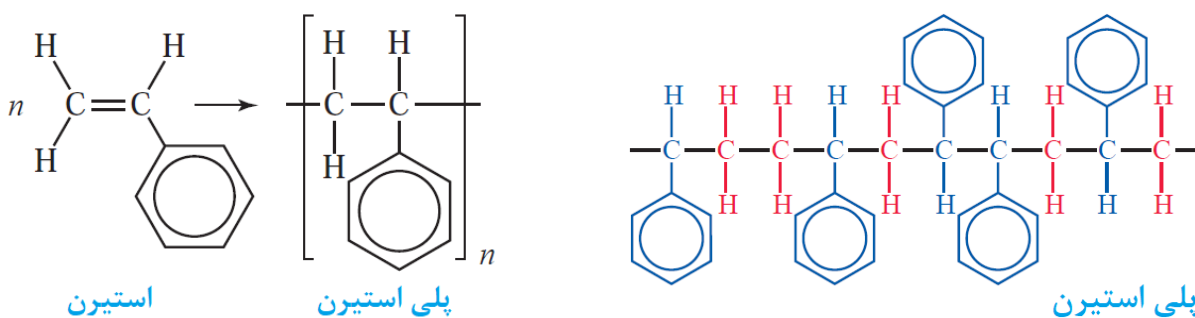
پلی تترافلوئورو اتن (تفلون)



پلی وینیل کلرید (PVC)

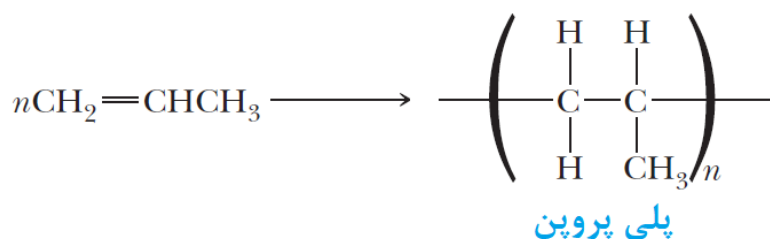


پلی استیرن



پلی استیرن، با $n = 5700$ یک جامد شفاف، سخت و بی رنگ است که می تواند به راحتی در 250°C قالب گیری شود. اگرچه، شما احتمالاً بیشتر با شفافیت زیاد آن آشنا هستید، مواد اسفنج مانند، مثل اسفنج سخت که به طور گسترده برای نگه داری غذا و نوشابه در منزل استفاده می شود.

پلی پروپن



پرسش های مرور

۱. چه تفاوتی بین ساختار PVC و پلی اتن وجود دارد؟ برخی کاربردهای پلی اتن را بنویسید.
۲. پلیمری شدن افزایشی چیست؟ از چه مولکول هایی معمولاً به عنوان مونومر در پلیمرهای افزایشی استفاده می شود؟
۳. تفلون چیست؟ چه خواص ویژه ای دارد؟ برخی کاربردهای آن را بنویسید.
۴. از کدام نوع پلاستیک برای ساختن بطری شیر استفاده می شود؟

تمرین ها

۵. ساختار پلی اتن با چگالی کم (LDPE) را شرح دهید. این ساختار چگونه می تواند خواص این پلیمر را توصیف کند؟
۶. ساختار مونومری که برای ساخت هر یک از پلیمرهای زیر به کار می رود را رسم کنید.

آ) پلی پروپن

ب) پلی وینیل کلرید

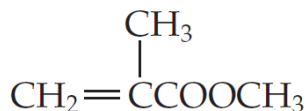
۷. ساختار بخشی از زنجیر پلیمرهای زیر را که در هر یک از آن ها شش اتم کربن نمایش داده شده باشد، رسم کنید.

آ) استیرن

ب) تفلون

۸. ساختار بخشی از زنجیر پلیمرهای زیر را که در هر یک از آن ها چهار واحد

تکرار شونده نمایش داده شده باشد، رسم کنید.



ب) متیل متاکریلات

آ) تترا فلورو اتن

۹. ساختار پلیمر حاصل از مونومرهای زیر را رسم کنید. در ساختار رسم شده

چهار واحد تکرار شونده را نمایش دهید.

آ) ۱- پنتن ($\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)

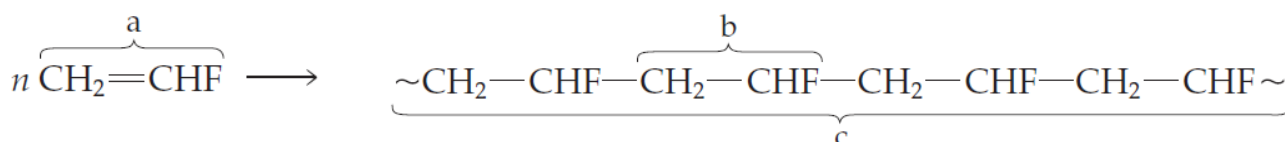
ب) استیرن

پ) وینیل کلرید

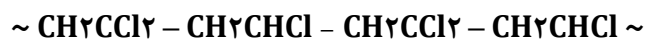
۱۰. به چه دلیل خواص پلیمرها با مولکول های کوچک سازنده آن ها (مونومرها) تفاوت دارد؟

۱۱. در معادله شیمیایی زیر، مشخص کنید کدام یک از قسمت های a، b و c، مونومر، پلیمر و واحد تکرار شونده را نشان

می دهند.



۱۲. ساختار نوعی پلیمر به صورت زیر است. ساختار دو مونومر سازنده این پلیمر را رسم کنید.



۱۳. ساختار مونومرهایی که پلیمر زیر از آن ها ساخته شده است را رسم کنید.

