

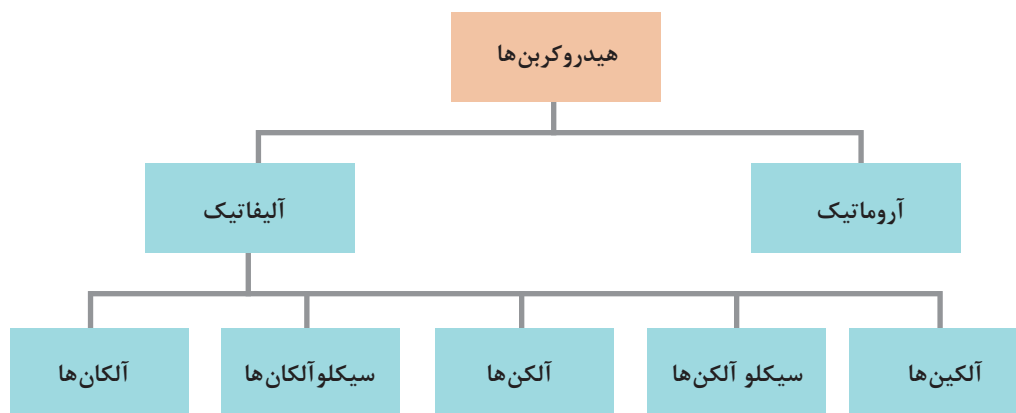
## پودمان سوم

### به کارگیری هیدروکربن های آلیفاتیک



پلی‌وینیل کلراید (PVC) یکی از بسیارهایی است که به طور گسترده در صنایع مختلف از جمله ساختمان، حمل و نقل، بسته بندی، برق و الکترونیک و مراقبت های بهداشتی کاربرد دارد.

در مبحث شیمی آلی ترکیباتی که شامل دو عنصر هیدروژن و کربن هستند، هیدروکربن نامیده می‌شوند. ترکیبات آلی دیگر را می‌توان از مشتقات هیدروکربن‌های ساده دانست. هیدروکربن‌ها به دو گروه اصلی، آلیفاتیک<sup>۱</sup> و آروماتیک<sup>۲</sup>، تقسیم‌بندی می‌شوند. هیدروکربن‌های آلیفاتیک خود به چند خانواده: آلکان<sup>۳</sup>، آلکن<sup>۴</sup>، آلکین<sup>۵</sup>، سیکلوآلکان<sup>۶</sup>ها و سیکلوآلکن<sup>۷</sup>ها تقسیم می‌شوند (شکل ۱). در سال دهم با خانواده آلکان‌ها آشنا شده‌اید. در این بخش ساختار و کاربرد دیگر هیدروکربن‌ها را فرامی‌گیرید.



شکل ۱- طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها

آلکن‌ها، هیدروکربن‌هایی هستند که مولکول آنها شامل پیوند دوگانه  $C = C$  است. این پیوند، نتیجه اشتراک دو جفت الکترون در دو اتم کربن است. این هیدروکربن‌ها نیز مانند آلکان‌ها، برحسب افزایش تدریجی تعداد اتم‌های کربن در زنجیر، ممکن است به صورت گاز، مایع و یا جامد وجود داشته باشند. نخستین و ساده‌ترین آلکن گاز اتن (اتیلن) به فرمول  $C_2H_4$  است. اتیلن مهم‌ترین ماده خامی است که در صنایع شیمی آلی به کار برده می‌شود، در میان ۴۵ ماده شیمیایی عمده (پس از مواد معدنی نظیر سولفوریک‌اسید، نیتروژن و اکسیژن) مقام چهارم را دارد.



آیا تاکنون به چرایی قرمز شدن گوجه فرنگی فکر کرده‌اید؟

فکر کنید ۱



۱- Aliphatic  
۵- Alkyne

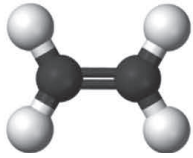
۲- Aromatic  
۶- Cycloalkane

۳- Alkane  
۷- Cycloalkyne

۴- Alkene

## اتیلن $C_2H_4$

اتیلن، گازی است که اندکی بوی ملایم و مطبوع دارد و در طبیعت به مقدار کم در گیاهان به‌وجود می‌آید. در فرایند رسیدن بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات (مانند موز، گلابی و گوجه‌فرنگی) نقش یک هورمون گیاهی<sup>۱</sup> را ایفا می‌کند. از این ویژگی در بازار فروش موز استفاده می‌شود. موز سبز نارس را در مناطق استوایی می‌چینند و در جعبه‌هایی که دارای منافذ است حمل می‌کنند. به این ترتیب، موز کمتر تحت تأثیر گاز اتیلن آزادشده قرار می‌گیرد و همچنان سبز باقی می‌ماند. با رسیدن جعبه‌ها به مقصد و پیش از فروش، موز را با اندکی گاز اتیلن تماس می‌دهند تا به اندازه کافی برسد (شکل ۲).



شکل ۲- موزی که به وسیله گاز اتیلن از حالت نارس به حالت رسیده تبدیل شده است.

چرا می‌گویند انبه را نزدیک میوه‌های دیگر نگهداری نکنید؟

تحقیق کنید  
۱



گاز اتیلن در صنایع عظیم پتروشیمی یکی از مهم‌ترین مواد اولیه به‌شمار می‌رود. در کشورهای برخوردار از این‌گونه صنایع، سالانه ده‌ها میلیون تن گاز اتیلن تولید می‌شود. این گاز در تهیه و تولید انواع پلاستیک‌های ارزان قیمت، مناسب برای ساختن ظروف آشپزخانه به‌کار می‌رود. همچنین در تهیه الیاف مصنوعی پلی‌استر، الکل معمولی، ضدیخ و انواع فراورده‌های دیگر کاربرد دارد.

تحقیق کنید  
۲



درباره نکات ایمنی گاز اتیلن تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

۱- هورمون گیاهی به مواد مختلفی اطلاق می‌شود که در بخشی از موجود زنده ساخته می‌شود و پس از انتقال، اثرات فیزیولوژیکی محسوسی در دیگر قسمت‌های آن به‌جا می‌گذارد.

## هیدروکربن‌های هم‌خانواده اتیلن

اتیلن ساده‌ترین عضو خانواده آلکن‌هاست. این خانواده، با نام قدیمی اولفین<sup>۱</sup> شناخته می‌شود، ولی نام آلکن ترجیح داده شده است. در مولکول هیدروکربن‌های خانواده اتیلن، بین دو اتم کربن در زنجیر هیدروکربنی، یک پیوند دوگانه وجود دارد. مانند آنچه در مورد اتیلن (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) دیده شد، در خانواده آلکن‌ها، در هر مولکول آلکن دو اتم هیدروژن کمتر از مولکول آلکان هم‌ردیف خود وجود دارد و به همین دلیل، هیدروکربن سیرنشده به شمار می‌رود. به فرمول ساختاری و نام سه عضو اول این دو خانواده در جدول ۱ توجه کنید:

جدول ۱- مقایسه ساختار آلکان‌ها و آلکن‌ها

آلکان		آلکن	
CH <sub>4</sub>	متان	-	-
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	اتان (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \end{array}$	اتن یا اتیلن (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	پروپان (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	پروپن یا پروپیلن (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	بوتان (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	بوتن یا بوتیلن (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> )

از آنجا که فرمول عمومی هیدروکربن‌های آلکانی، C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> است، فرمول عمومی خانواده آلکن‌هایی که یک پیوند دوگانه دارند، به چه صورت درمی‌آید؟

فکر کنید ۲



## نام‌گذاری آلکن‌ها به روش آیوپاک<sup>۲</sup>

آیوپاک سازمانی است که زیر نظر اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی به نام‌گذاری مواد شیمیایی می‌پردازد. این اتحادیه یک سازمان غیردولتی است که در سال ۱۹۱۹ میلادی (سال ۱۲۹۸ ه.ش)، به‌دنبال نشست‌های بین‌المللی شیمی کاربردی به‌منظور ارتقای دانش شیمی پایه‌گذاری شد. برای نام‌گذاری هیدروکربن‌های سیرنشده اتیلنی به روش آیوپاک، مانند هیدروکربن‌های سیرشده زنجیری (آلکن‌ها) عمل می‌کنند:

۱- OLEFIN از GAS OLEFIANT گرفته شده است که در فرانسه به معنی گاز روغن‌ساز است. دلیل انتخاب این نام، تشکیل ماده روغنی شکل از واکنش اتیلن با گاز کلر است.

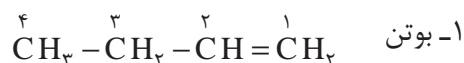
۲ و ۳ دی کلرواتان  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$

۲- International Union of Pure and Applied Chemistry

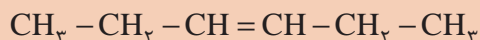
**دستور شماره ۱-** ابتدا بلندترین زنجیر کربنی موجود در مولکول را که شامل پیوند دوگانه نیز باشد، مشخص کنید (ریشه). نام هیدروکربن زنجیر اصلی را مشابه نام آلکان مربوط بنویسید و پسوند «ان» (ane) را به پسوند «ن» (en) تبدیل کنید. مانند اتان به اتن

پسوند + ریشه + پیشوند

**دستور شماره ۲-** موقعیت پیوند دوگانه را روی زنجیر اصلی، از طریق شماره گذاری مشخص کنید. این زنجیر را از جهتی شماره گذاری کنید که به اولین کربن پیوند دوگانه، کوچک ترین عدد ممکن تعلق بگیرد.  
مثال:



فرمول های زیر را نام گذاری کنید.



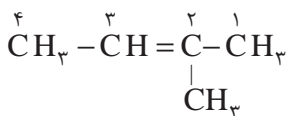
تمرین ۱



**دستور شماره ۳-** نام شاخه یا شاخه ها و موقعیت آنها را پیش از نام زنجیر اصلی بنویسید (پیشوند).

پیشوندها با جدا کردن «ان» (ane) از نام هیدروکربن و افزودن «-یل» (-yl) به انتهای آن نام گذاری می شوند. مانند متیل، اتیل و پروپیل

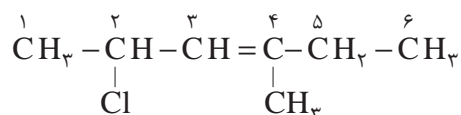
یادآوری



مثال ۱: ۲- متیل - ۲- بوتن

اگر جهت شماره گذاری بر موقعیت پیوند دوگانه تأثیر نداشته باشد، شماره گذاری از جهتی انجام می شود که به شاخه نزدیک تر باشد.

نکته



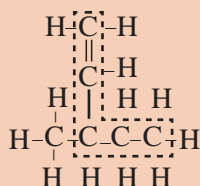
مثال ۲: ۲- کلو - ۴- متیل - ۳- هگزن

پرسش ۱



چرا در مثال ۲ شماره گذاری را از سمت چپ زنجیر اصلی آغاز کردید؟ چرا نام شاخه کلرو، مقدم بر شاخه متیل است؟

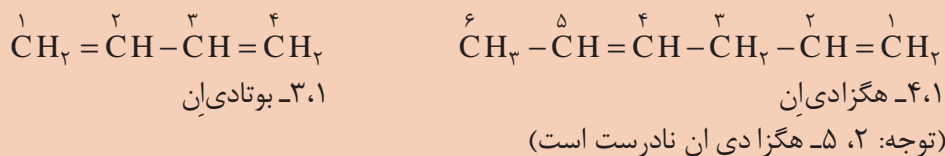
نکته



۱ همیشه لازم نیست زنجیر اصلی بر روی یک خط افقی نوشته شده باشد. مثلاً برای نام گذاری ترکیب زیر، زنجیر اصلی باید شامل پیوند دوگانه نیز باشد. در نتیجه نام این هیدروکربن مطابق روش نام گذاری آیوپاک، ۳-متیل-۱-پنتن در نظر گرفته می شود.

۲ هرگاه زنجیر هیدروکربن سیر نشده، دو پیوند دوگانه داشته باشد، به جای پسوند ان (ene) از پسوند «دی ان diene» استفاده می شود.

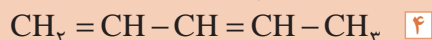
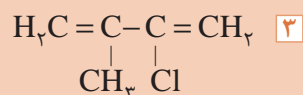
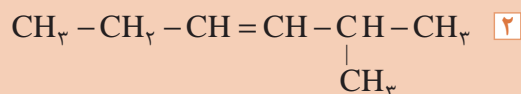
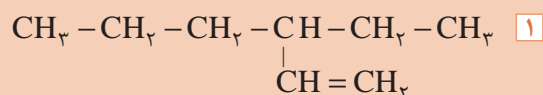
شماره گذاری کربن های این زنجیر، از جهتی صورت می گیرد که به پیوندهای دوگانه، عددهای کوچک تری نسبت داده شود. برای مثال،



تمرین ۲



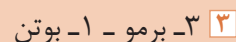
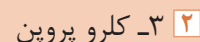
ترکیب های زیر را نام گذاری کنید.



تمرین ۳



فرمول های ساختاری مواد زیر را رسم کنید.





در گفت‌وگو با هم‌کلاسی‌های خود و استفاده از دانسته‌های پیشین بهترین تعریف ایزومری را در کادر بنویسید.

## ایزومری در آلکن‌ها

در مورد آلکن‌ها همانند هیدروکربن‌های سیرشده، علاوه بر پیدایش شاخه‌ها و تغییر مکان آنها، که موجب پیدایش ایزومری می‌شود، عامل تغییر مکان پیوند دوگانه نیز در پیدایش ایزومری تأثیرگذار است. بنابراین، تعداد ایزومرها برای یک هیدروکربن سیرنشده، بیشتر از تعداد آنها برای هیدروکربن سیرشده‌ای است که همان تعداد کربن را دارد. برای درک بهتر، تعداد ایزومرهای بوتان و بوتن را در جدول (۲) مقایسه کنید:

جدول ۲- ایزومرهای بوتان و بوتن

$\begin{array}{c} \text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \text{۲- متیل پروپان} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \text{بوتان - n} \end{array}$	بوتان
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{۲- متیل - ۱- پروپن} \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{۱- بوتن } \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 \\ \text{۲- بوتن } \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	بوتن

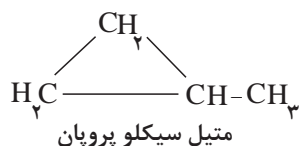
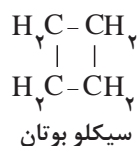
همان‌طور که مشاهده می‌کنید بوتان دارای دو ایزومر است در صورتی که بوتن ( $\text{C}_4\text{H}_8$ ) با داشتن همان تعداد کربن، سه ایزومر دارد.

نکته



در مورد ترکیبی مانند ۲- متیل پروپان و ۲- متیل - ۱- پروپن، می‌توان از ذکر شماره محل اتصال شاخه‌ها خودداری کرد، زیرا شاخه متیل به غیر از اتم کربن دوم، نمی‌تواند محل دیگری را اختیار کند. چون در آن صورت، جزء شاخه اصلی به شمار می‌آید. بدیهی است با تغییر مکان پیوند دوگانه، مبدأ شماره‌گذاری نیز تغییر خواهد کرد، به گونه‌ای که دوباره همان نام به دست می‌آید. بنابراین، برای نام‌گذاری دو ترکیب فوق، فقط به ذکر متیل پروپان یا متیل پروپن اکتفا می‌کنیم.

برای موادی به فرمول عمومی  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ، از پروپن ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) به بعد، نوع دیگری از ایزومری ساختاری وجود دارد که به صورت هیدروکربن حلقوی سیرشده و بدون پیوند دوگانه است. برای مثال، اضافه بر سه ایزومر ساختاری که برای بوتن ترسیم شد، می‌توان دو ایزومر حلقوی زیر را نیز در نظر گرفت:

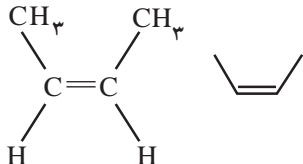

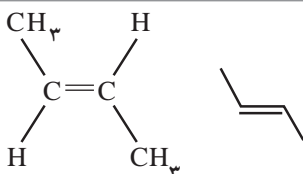
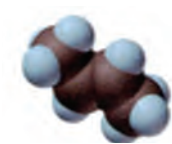


با این موضوع، در مبحث سیکلوآلکان‌ها بیشتر آشنا خواهید شد.

## ایزومری سیس - ترانس<sup>۱</sup> (ایزومری هندسی<sup>۲</sup>) در ۲- بوتن

مطابق آنچه آموختید، چنین به نظر می‌رسد که بوتن ( $C_4H_8$ )، باید دارای ۲ ایزومر بدون شاخه زنجیری باشد (۱- بوتن و ۲- بوتن). آزمایش و تحقیق نشان می‌دهد که واقعیت چنین نیست و سه نوع ایزومر برای آن وجود دارد، زیرا ایزومر ساختاری ۲- بوتن ( $CH_3 - CH = CH - CH_3$ ) به تنهایی به صورت دو ماده مختلف دیده می‌شود که در برخی خواص فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر متفاوت‌اند. برای مثال، دمای جوش یکی  $0.9^\circ C$  و دیگری  $3.7^\circ C$  است. جدول ۳ مولکول ۲- بوتن و چگونگی آرایش یافتن اتم‌ها و گروه‌های آن در فضا و پیرامون پیوند دو گانه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ایزومرهای هندسی (سیس و ترانس) در ۲- بوتن

نقطه جوش ( $^\circ C$ )	چگالی (g/ml)	فرمول	مدل فضا پرکن	نام
۳٫۷	۰٫۶۲۱			سیس - ۲- بوتن
۰٫۹	۰٫۶۰۴			ترانس - ۲- بوتن

مطابق قرارداد، ایزومر ردیف اول را که دو گروه جانشینی بزرگ متیل در آن، در یک سوی پیوند دو گانه قرار دارند، سیس - ۲- بوتن، می‌نامند. ایزومر دوم را که دو گروه جانشینی متیل در آن، در دو سوی پیوند دو گانه قرار دارند، ایزومر ترانس - ۲- بوتن می‌نامند.

ایزومرهای سیس و ترانس<sup>۴</sup>، ایزومرهایی هستند که از نظر فرمول ساختاری یکسان، و از نظر چگونگی آرایش اتم‌ها و گروه‌های تشکیل دهنده آنها در فضا، متفاوت‌اند. به همین دلیل، این گونه ایزومرها را، ایزومرهای فضایی<sup>۵</sup> نیز می‌نامند.

ایزومرهای فضایی هنگامی پدید می‌آیند که گروه‌های جانشینی موجود بر روی هر اتم کربن تشکیل دهنده پیوند دو گانه، متفاوت باشند.

نکته



بحث گروهی<sup>۲</sup>



به کمک دوستان خود بگویید آیا ۱- بوتن می‌تواند ایزومرهای هندسی (سیس و ترانس) داشته باشد؟ چرا؟

۱- CIS-TRANS Isomerism

۲- Geometric isomerism

۳- CIS و TRANS دو کلمه یونانی هستند که اولی به معنی «کنار»، و دومی به معنی «مقابل» است.

۴- Stereoisomers



تحقیق کنید  
۳



چرا دمای جوش ایزومرهای سیس و ترانس - ۲- بوتن متفاوت است؟

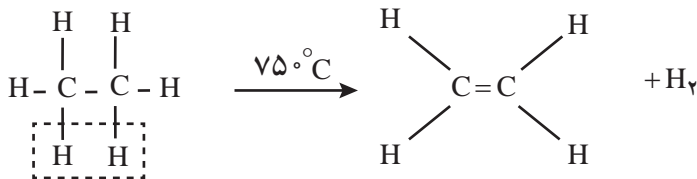
## تهیه اتیلن و هیدروکربن‌های اتیلنی

فکر کنید



چرا هیدروکربن‌های اتیلنی از نظر شیمیایی (واکنش پذیری) فعال هستند؟

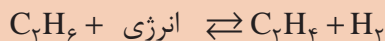
**تولید اتیلن در صنعت:** بخش اعظم اتیلن، از گرمادادن ترکیب‌های نفتی در پالایشگاه، و از زدودن تعدادی اتم هیدروژن از آلکان‌ها به دست می‌آید. اتان را تا  $75^{\circ}\text{C}$  گرما می‌دهند، یک مولکول هیدروژن از آن جدا می‌شود و گاز اتیلن پدید می‌آید.



در صنایع پتروشیمی، این گونه واکنش‌ها، که در طی آن یک مولکول بر اثر گرما به مولکول‌های کوچک‌تر شکسته می‌شود، «مولکول شکنی گرمایی»<sup>۱</sup> نام دارد. در عین حال، به علت گرفتن هیدروژن از ماده اولیه، این واکنش نوعی واکنش «هیدروژن زدایی»<sup>۲</sup> نیز به شمار می‌رود. عکس این واکنش، هیدروژن دار شدن<sup>۳</sup> است که در آن اتیلن به اتان تبدیل می‌شود.



واکنش تبدیل اتان به اتیلن یک واکنش برگشت پذیر است، زیرا خود واکنش و عکس آن، در شرایط مناسب انجام پذیر است.



نکته



بیشتر بدانید



مولکول شکنی (کراکینگ)<sup>۴</sup> به واکنش‌های شکستن اجزای سنگین تر نفتی در پالایشگاه و تبدیل آنها به اجزای سبک تر گفته می‌شود. واکنش‌های مولکول شکنی، معمولاً با آزاد شدن مقدار زیادی گازهای هیدروکربنی از قبیل اتیلن و پروپیلن همراه است که در صنایع پتروشیمی کاربرد وسیعی دارند. مولکول شکنی معمولاً یا به کمک گرما (مولکول شکنی گرمایی) و یا به کمک کاتالیزگر (مولکول شکنی کاتالیزی)<sup>۵</sup> صورت می‌گیرد.

- ۱- Thermal Cracking
- ۲- Dehydrogenation
- ۳- Hydrogenation
- ۴- Cracking
- ۵- Catalytic Cracking

تمرین ۴



عبارت زیر را با انتخاب کلمه‌های مناسب، کامل کنید.  
 واکنش افزایش هیدروژن به اتان  $\frac{\text{گرما ده}}{\text{گرما گیر}}$  و واکنش افزایش هیدروژن به اتیلن  $\frac{\text{گرما ده}}{\text{گرما گیر}}$  است.

تمرین ۵



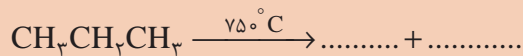
مطابق اصل لوشاتلیه، پیش‌بینی کنید که هرگاه:  
 ■ دما را افزایش دهیم، واکنش تعادلی تبدیل اتان به اتیلن به کدام سو جابه‌جا می‌شود، و نسبت کدام ماده در مخلوط تعادلی، افزایش می‌یابد؟  
 ■ فشار را بر مخلوط تعادلی، افزایش دهیم، واکنش تعادلی به کدام سو جابه‌جا می‌شود؟

در صنایع پتروشیمی، با استفاده از کاتالیزگر، دما و فشار مناسب، تعادل را به سوی محصول مطلوب سوق می‌دهند. برای تهیه هیدروکربن‌های اتیلنی سنگین‌تر نیز، با روش مولکول‌شکنی عمل می‌کنند. برای مثال، از مولکول‌شکنی گرمایی گاز پروپان، به پروپن (پروپیلن) می‌رسند که ماده‌ی اولیه مهمی در صنایع پتروشیمی و از جمله تولید پلاستیک‌های مصرفی در آشپزخانه است.

پرسش ۲



واکنش زیر را کامل کنید:



بیشتر بدانید

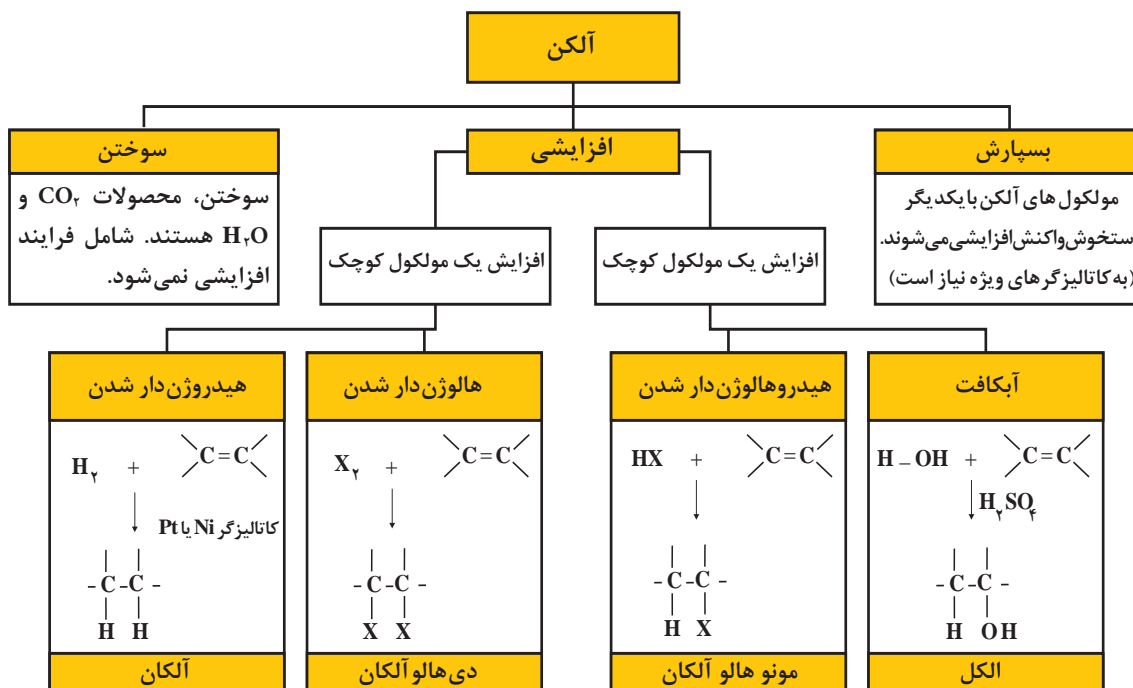


کشور عزیزمان ایران با تولید هزاران تن اتیلن در سال، در جایگاه دوم در بین کشورهای خاورمیانه قرار دارد.



## واکنش‌های شیمیایی آلکن‌ها

واکنش‌های شیمیایی آلکن‌ها را می‌توان به‌طور کلی به سه گروه واکنش‌های سوختن، افزایشی و بسپارش<sup>۱</sup> تقسیم‌بندی کرد (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار واکنش‌های شیمیایی آلکن‌ها

## سوختن

شعله سوختن اتان و متان، که بخش اعظم گاز طبیعی را تشکیل می‌دهند، آبی کم‌رنگ است. اتیلن مانند اتان در هوا می‌سوزد. شعله اتیلن، به علت بیشتر بودن نسبت کربن به هیدروژن، نورانی و درخشنده است. ذرات کربن نسوخته حاصل از تجزیه گرمایی اتیلن، درون شعله به التهاب در می‌آیند و شعله را درخشنده می‌کنند. بدیهی است، وقتی این ذره‌ها به سطح شعله برسند، کاملاً می‌سوزند.



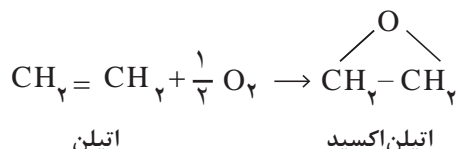
آلکن‌های دیگر نیز در هوا می‌سوزند فرمول عمومی سوختن آنها را بنویسید.

تمرین ۶

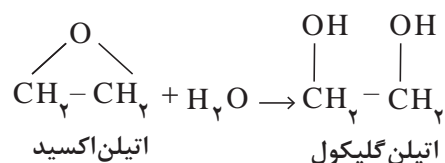


## اکسایش اتیلن

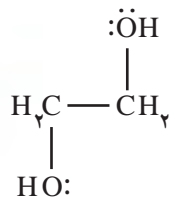
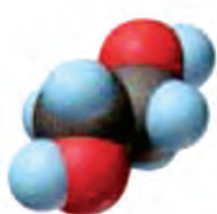
اکسایش اتیلن استفاده وسیعی در صنایع پتروشیمی دارد. اکسایش اتیلن برای اولین بار توسط دی کلرواتانول و پتاسیم هیدروکسید مایع انجام شد. سپس روش مستقیم اکسایش اتیلن با استفاده از کاتالیزگر نقره کاربرد فراوانی یافت. در این روش گاز اتیلن به وسیله اکسیژن هوا در مجاورت کاتالیزگر نقره در فشار و دمای مشخص اتیلن اکسید را تولید می کند.



در سطح جهانی، سالانه میلیون ها تن اتیلن اکسید مطابق این روش تهیه می شود که برای تولید برخی مواد شیمیایی و به ویژه اتیلن گلیکول مصرف دارد. اتیلن اکسید با آب واکنش می دهد و اتیلن گلیکول پدید می آورد.



در آزمایشگاه اتیلن و سایر آلکن هایی که پیوند دوگانه دارند، محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات اسیدی را بی رنگ می کنند و خود اکسید می شوند. معادله واکنش، به قرار زیر است:



شکل ۴- ساختار اتیلن گلیکول

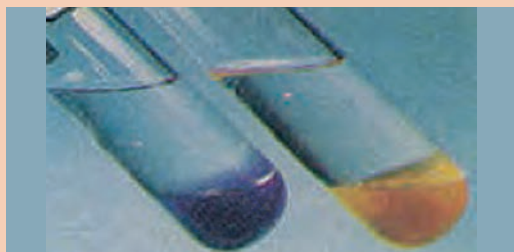
ماده حاصل از این واکنش، الکلی است دو عاملی، که نام تجاری آن اتیلن گلیکول است و به عنوان ضدیخ (مصرف دارد شکل ۴).

به چه علت از اتیلن گلیکول به عنوان ضدیخ استفاده می شود؟

تحقیق کنید  
۴



تحقیق کنید  
۵



آزمایش تشخیص آلکن از آلکن

شکل روبه رو دو لوله آزمایش را نشان می دهد که یکی مایع n - هگزان و دیگری مایع ۱- هگزن دارد. بر روی هر دوی آنها محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات ریخته ایم. به نظر شما، کدام یک آلکن است؟



با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر، دربارهٔ خواص اتیلن گلیکول و کاربرد آن اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و آنها را به کلاس ارائه دهید.

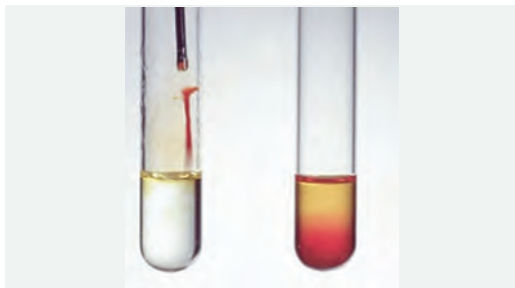
## واکنش‌های افزایشی اتیلن

به‌طور کلی منظور از واکنش افزایشی، واکنشی است که در آن دو یا چند ماده با یکدیگر ترکیب می‌شوند و ماده واحدی به‌وجود می‌آورند.

### ■ واکنش افزایشی با هالوژن‌ها

برای آشنایی با این بخش واکنش افزایشی اتیلن با برم و کلر بررسی می‌شود:

#### واکنش برم با اتیلن



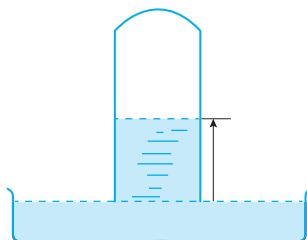
آزمایش بی‌رنگ شدن آب برم برای تشخیص الکن‌ها

اگر حدود ۲ میلی‌لیتر آب برم را که قرمز قهوه‌ای رنگ است، در لولهٔ آزمایش محتوی گاز اتیلن بریزید و سپس دهانه آن را ببندید و تکان دهید. مشاهده می‌کنید آب برم بی‌رنگ می‌شود، که نشانهٔ انجام شدن واکنش میان برم و اتیلن است. این واکنش، در تاریکی نیز انجام‌پذیر است. ماده حاصل که ۱،۲-دی برمواتان نام دارد، مایع بی‌رنگی است که در صنعت تولید بنزین، کاربرد فراوان دارد.



از محلول‌های پتاسیم پرمنگنات و آب برم، به علت تغییر رنگ آنها در واکنش، برای تشخیص آلکن‌ها و سایر مواد سیرنشده، استفاده می‌شود.

#### واکنش کلر با اتیلن



واکنش گاز کلر با گاز اتیلن روی سطح آب نمک

اگر گازهای کلر و اتیلن را در یک لولهٔ آزمایش وارد کنید، و بر روی تشتکی که از محلول سیرشده نمک طعام پر شده است، واژگون سازید مانند شکل روبه‌رو، پس از مدتی، سطح آب نمک در لوله بالا می‌رود. بالا رفتن سطح آب نمک، نشانه آن است که واکنش بین گاز کلر و گاز اتیلن با کم شدن حجم همراه است.

می‌توان نتیجه گرفت که بین گازهای اتیلن و کلر نوعی «واکنش افزایشی<sup>۱</sup>» صورت گرفته است (مانند واکنش افزایشی برم با اتیلن).

تمرین ۷



تمرین ۸



تحقیق کنید  
۷



معادله واکنش‌های افزایشی اشاره شده را بنویسید و محصول آنها را نام‌گذاری کنید.

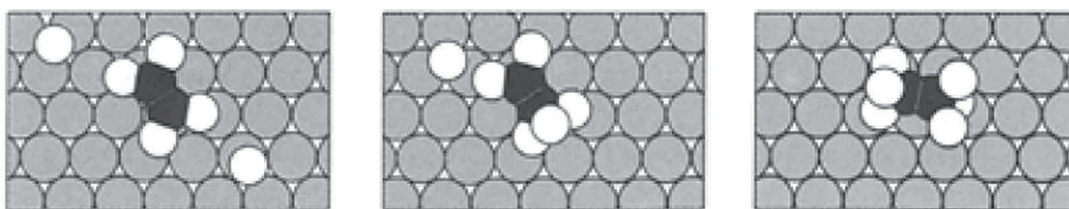
معادله واکنش برم را با پروپیلن بنویسید، و محصول عمل را نام‌گذاری کنید.



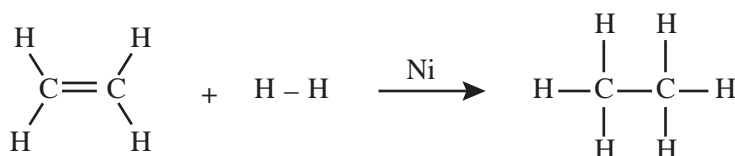
چرا روغن مایع برای سلامتی بهتر از روغن جامد است؟

### ■ واکنش افزایشی با هیدروژن

واکنش افزایشی گاز هیدروژن با هیدروکربن‌های سیرنشده، بدون حضور کاتالیزگر تقریباً ناممکن است. زیرا پیوند H-H به‌طور قابل ملاحظه‌ای قوی است و به آسانی نمی‌شکند<sup>۱</sup>. ولی هرگاه از کاتالیزگرهایی مانند فلزهای پلاتین، پالادیم یا نیکل، به‌صورت ذره‌های ریز استفاده کنیم، مولکول‌های هیدروژن، مطابق شکل ۵ جذب سطح این ذره‌ها می‌شوند و به‌ازای درهم شکستن هریک پیوند H-H، دو اتم هیدروژن، مطابق شکل (۵)، دو پیوند ناپایدار و موقت با اتم‌های سطحی کاتالیزگر تشکیل می‌دهند. آنگاه از برخورد اتم‌های هیدروژن مزبور با مولکول اتیلن، پیوند دوگانه شکسته می‌شود و پیوندهای جدید C-H پدید می‌آیند. با انجام شدن این واکنش افزایشی، مولکول اتان آزاد می‌شود و از سطح کاتالیزگر جدا می‌شود.



شکل ۵- واکنش افزایشی H<sub>۲</sub> و C<sub>۲</sub>H<sub>۴</sub> بر سطح کاتالیزگر



بدیهی است که نقش کاتالیزگر، تغییر مسیر واکنش و عبور دادن آن از یک قله انرژی کم ارتفاع‌تر است که نیازمند انرژی فعال‌سازی کمتر است.

۱- انرژی پیوند H-H برابر ۴۳۶ کیلوژول بر مول است.

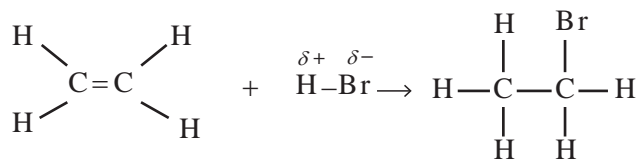
هنگامی که دو یا چند مولکول هیدروژن با یک مولکول هیدروکربن سیرنشده واکنش می‌دهند و یک مولکول محصول پدید می‌آورند، این واکنش‌ها «هیدروژن‌دار شدن» نام دارند.



کاربرد مهم برای واکنش «هیدروژن‌افزایی»، در صنعت روغن نباتی است.

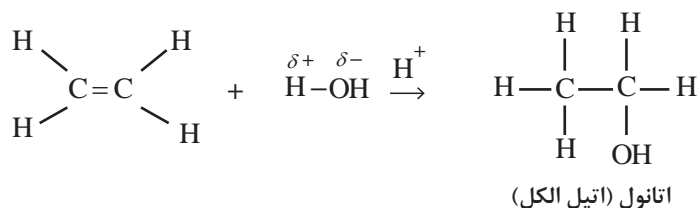
### ■ واکنش افزایشی هیدروژن با هالیدها

هیدروکربن‌های سیرنشده از قبیل اتیلن، فقط با مولکول‌های ساده‌ای همچون  $\text{Br}_2$  و  $\text{H}_2$  واکنش افزایشی نمی‌دهند، بلکه با مولکول‌های مرکبی مانند هیدروژن‌هالیدها از قبیل  $\text{HCl}$ ،  $\text{HBr}$ ،  $\text{HI}$ ، یا آب، نیز واکنش می‌دهند. برای نمونه واکنش افزایشی اتیلن با  $\text{HBr}$  که یک مولکول قطبی است، بررسی می‌شود. به علت بیشتر بودن الکترونگاتیوی برم نسبت به هیدروژن (الکترونگاتیوی برم،  $2/8$  و الکترونگاتیوی هیدروژن  $2/1$  است)، جفت الکترون مشترک در  $\text{H}^{\delta+} \rightarrow \text{Br}^{\delta-}$  اندکی به سوی برم کشیده می‌شود، به طوری که برم، سر منفی و هیدروژن سر مثبت این مولکول را تشکیل می‌دهند. به محض اینکه سر مثبت هیدروژن این مولکول، که «الکترون‌دوست» است، به مولکول اتیلن نزدیک می‌شود، یک پیوند کووالانسی ( $\text{C}=\text{C}$ ) در اتیلن و یک پیوند کووالانسی در  $\text{H}-\text{Br}$  شکسته می‌شود و با طی شدن مراحل واکنش، دو پیوند کووالانسی جدید پدید می‌آید و مولکول آلکن به مولکول آلکان تبدیل می‌شود.



### ■ واکنش افزایشی با آب

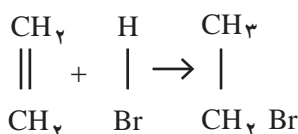
مولکول آب یک مولکول قطبی است. آب می‌تواند در مجاورت کاتالیزگرهای اسیدی با اتیلن واکنش افزایشی انجام دهد. این واکنش به صورت زیر نشان داده می‌شود. محصول واکنش، اتانول (یا اتیل الکل) است.



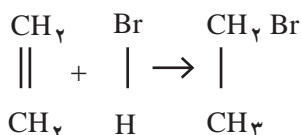
اتانول، الکلی دوکربنی، بی‌رنگ و فرّار است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود. این الکل یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است که در تهیه مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی به کار می‌رود. از اتانول در بیمارستان‌ها به عنوان ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود.

## چگونگی واکنش‌های افزایشی در هیدروکربن‌های مونواتیلنی

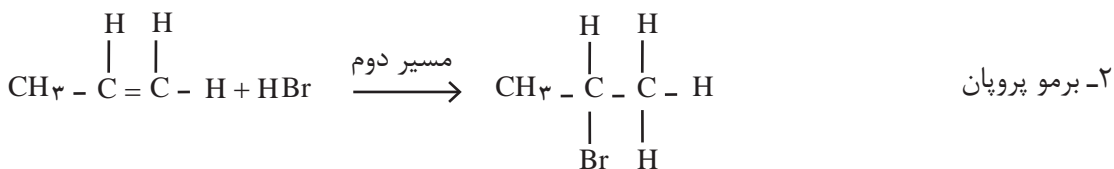
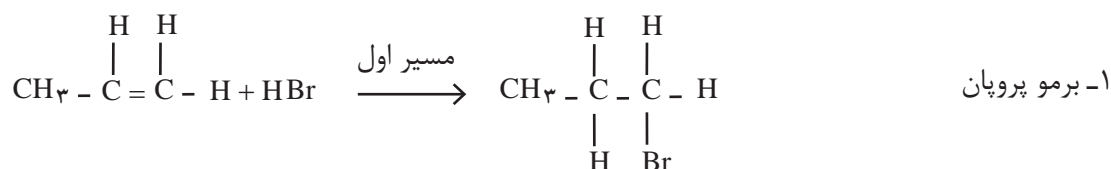
در واکنش افزایشی یک هیدروژن‌هالید (مانند HBr) با اتیلن، هیدروژن بر یکی از اتم‌های کربن و هالوژن بر روی اتم کربن دیگر می‌نشیند، و در نتیجه برمواتان تشکیل می‌شود.



حال اگر در معادله فوق، جای هیدروژن و برم بر روی اتم‌های کربن عوض شود، چون دو اتم کربن در اتیلن از هرنظر یکسان هستند، باز هم نتیجه عمل، همان تشکیل برمواتان خواهد شد.



ولی اگر به جای اتیلن در این واکنش، از هم‌زده بعدی، یعنی پروپیلن (پروپن) استفاده شود، اتم‌های کربن پیوند دوگانه، دیگر یکسان نیستند. بنابراین، به ظاهر دو مسیر مختلف برای انجام شدن واکنش وجود دارد:



آزمایش نشان می‌دهد که تقریباً همه محصول ۲-برم پروپان است. معنی این گفته آن است که واکنش افزایشی HBr به مولکول نامتقارن آلکن، از نوعی «موضع‌گزینی» برخوردار است. اتم هیدروژن به اتم کربنی از پیوند دوگانه متصل شده است که دارای اتم H بیشتری است. این موضع‌گزینی در موارد دیگر نیز، مشاهده می‌شود. مارکونیکف، شیمی‌دان روسی، پس از آزمایش‌ها و تحقیقات تجربی فراوان، به این قاعده تجربی که به نام وی معروف است، دست یافت.





ولادیمیر مارکونیکف

ولادیمیر واسیلیف مارکونیکف<sup>۱</sup> (۱۸۳۸-۱۹۰۴) استاد شیمی دانشگاه مسکو بود. او تعدادی مواد شیمیایی را بر مبنای پیش بینی ساختار شیمیایی، به طور مصنوعی تهیه کرد. او روی برهم کنش اتم ها بر یکدیگر در مولکول مطالعه کرد و به نظام هایی رسید. بخش بزرگی از تلاش وی صرف تحقیق در منابع طبیعی کشور (به ویژه نفت) و جست و جوی راه های تأمین رفاه مردم کشورش شد. گرچه مارکونیکف قاعده خود را درباره واکنش افزایشی در ۳۳ سالگی پیشنهاد کرد، ولی به علت امتناع از چاپ نتایج تحقیق خود به زبانی غیر از زبان مادری، این کشف، ۳۰ سال بعد مورد توجه شیمی دانان جهان واقع شد.

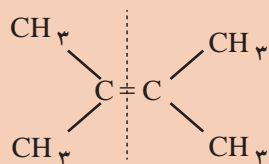
## قاعده مارکونیکف

«وقتی یک هیدروژن هالید (مانند HBr) به یک آلکن نامتقارن<sup>۲</sup> افزوده شود، هیدروژن اسید، در شرایط عادی، بیشتر به اتم کربنی در پیوند دوگانه متصل می شود که، هیدروژن بیشتری داشته باشد.»

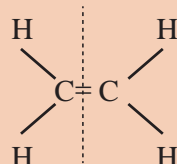
نکته



وقتی گروه های متصل به کربن های پیوند دوگانه یکسان باشند، آلکن را متقارن می نامند. مانند:

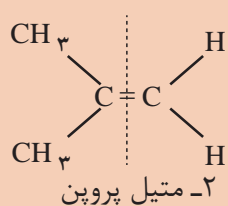


۲، ۳- دی متیل - ۲- بوتن

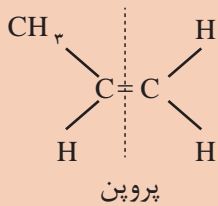


اتیلن

اگر گروه های متصل به کربن های پیوند دوگانه متفاوت باشند، آلکن را نامتقارن می نامند. مانند:



۲- متیل پروپن



پروپن

معادله واکنش HBr را با ۲- متیل پروپیلن بنویسید، و ماده حاصل را نام گذاری کنید.

تمرین ۹



۱- Markovnikov

۲- Assym



می توان فرمول آب را به صورت  $\delta^+ \text{H}-\text{O} \delta^- \text{H}$  نوشت و قطبی بودن مولکول آن را نشان داد. معادله واکنش آب را با پروپیلن بنویسید (نام ترکیب حاصل ایزوپروپیل الکل است).

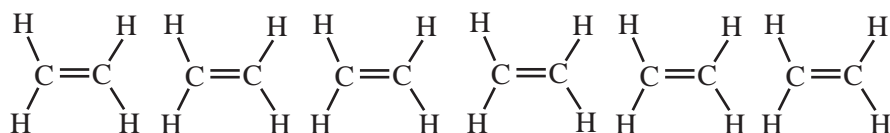
## بسپارش آلکنها



درباره تصویرهای زیر با دوستان خود گفت و گو کنید:

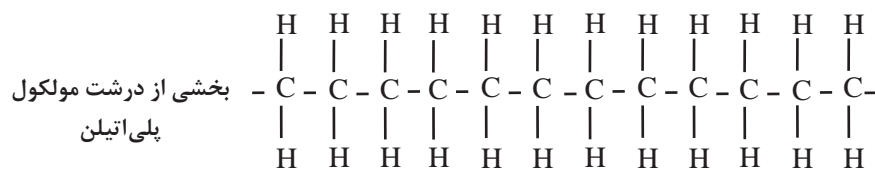


آلکنها، مانند اتیلن، به سبب داشتن پیوند دوگانه، می توانند نوعی واکنش افزایشی از خود نشان دهند. در این صورت، پیوند دوگانه مولکول اتیلن باز می شود و به مولکول اتیلن مجاور، که پیوند آن نیز باز شده است، متصل می شود. به همین ترتیب، مولکول های اتیلن دیگری به این مجموعه می پیوندند، و زنجیره هیدروکربنی بلندی تشکیل می شود.

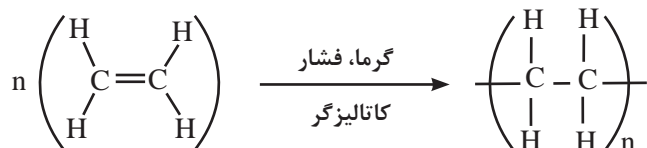


مولکول های اتیلن (تکپار)

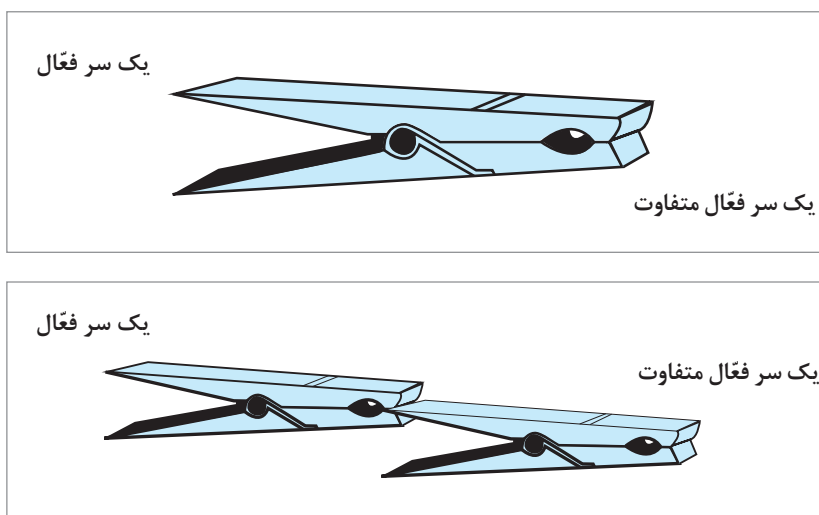
بسپارش



به‌طور کلی واکنش را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:



مولکول اصلی که واحد ساختاری این زنجیره را تشکیل می‌دهد، تکپار<sup>۱</sup> (مونومر) نامیده می‌شود. محصول را که به‌صورت زنجیره بلند حاصل از تشکیل پیوندهای کووالانسی میان تکپارهاست، بسیار<sup>۲</sup> (پلیمر) می‌نامند. مهم‌ترین ویژگی تکپار که به آن امکان می‌دهد زنجیره بلند بسیار را تشکیل دهد، دربرداشتن دو گروه با دو سر فعال است. یک تکپار، باید توان ایجاد دو پیوند را از هر دو سر خود با مولکول‌های مجاور داشته باشد (شکل ۶).



شکل ۶- نمایشی برای مفهوم تکپار و بسیار

مطابق شکل (۶)، هر گیره را می‌توان به یک تکپار تشبیه کرد، که دارای دو سر است و می‌تواند با گیره‌های متعدد دیگر، زنجیره بسیار بلند بسیار پدید آورد. محیط زندگی ما سرشار از مولکول‌های بسیار بزرگ بسیاری است که اصطلاحاً آنها را درشت مولکول<sup>۳</sup> می‌نامند. مثال انواع طبیعی این درشت مولکول‌ها، کائوچوی طبیعی، پنبه و پشم است و مثال انواع مصنوعی آنها پلاستیک‌ها (شکل ۷)، نایلون و الیاف پارچه‌ای پلی‌استر است.

۱- Monomer به زبان یونانی به معنی «یک جزء» است.

۲- Polymer به زبان یونانی به معنی «اجزای متعدد و فراوان» است.

## پلاستیک‌های پلی اتیلن و پلی پروپیلن



شکل ۷- تهیه بطری‌های آب از پلی اتیلن

پلاستیک‌ها را ممکن است گونه‌ای مواد بسیاری دانست که می‌توان به دفعات گرم و ذوب کرد و در قالب ریخت و به شکل مطلوب درآورد. پلاستیک‌ها برخلاف الیاف بسیاری پارچه‌های مصنوعی که مولکول‌ها در آنها به صورت رشته‌های نخ مانند درازی هستند، می‌توانند اشیای سه بعدی و یا ورقه‌های نازک و شفاف پدید آورند.

پلاستیک پلی پروپیلن: این نوع پلاستیک نیز از تکپار پروپیلن به فرمول  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$  و به همان شیوه تشکیل پلاستیک پلی اتیلن به وجود می‌آید. در جدول ۴ مقایسه پلاستیک‌های پلی اتیلن و پلی پروپیلن را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۴- مقایسه پلاستیک‌های پلی اتیلن و پلی پروپیلن

کاربرد بسیار	فرمول و نام تکپار	واحد تکرارشونده و نام بسیار
بطری، کیسه پلاستیکی، اسباب بازی، عایق الکتریسیته	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ اتیلن	$\left( \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n$ پلی اتیلن
بطری، فرش، قطعات قالب گیری شده از جمله دریچه‌های مصنوعی قلب	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ پروپیلن	$\left( \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$ پلی پروپیلن

صنعت پتروشیمی یکی از صنایع مهم جهان است. در این صنعت، ترکیب‌ها، مواد و وسایل گوناگونی از نفت یا گاز طبیعی به دست می‌آید که به فراورده‌های پتروشیمیایی معروف‌اند. پتروشیمی ایران



نسبت به سایر رقبای خود مزیت و برتری‌های فراوانی دارد. از آن جمله می‌توان به منابع ارزان نفت و گاز، دسترسی سریع به بازارهای جهانی و منطقه‌ای و نیروی انسانی اشاره کرد. امید است پتروشیمی ایران در سال‌های آینده، بیش از پیش در منطقه و جهان بدرخشد.

بیشتر بدانید



## آلکین ها (هیدروکربن های استیلنی)



آیا تابه حال به جوشکاری و برشکاری فلزها توجه کرده اید؟ چه شرایطی برای جوشکاری لازم است؟

بحث گروهی ۴



خانواده دیگری از هیدروکربن ها شامل مولکول هایی است که بین اتم های کربن پیوند سه گانه دارند، این هیدروکربن ها را آلکین می نامند. تعداد هیدروژن ها در این هیدروکربن ها، دو اتم کمتر از آلکن هایی است که همان تعداد کربن دارند. با توجه به اینکه فرمول عمومی آلکن ها،  $C_nH_{2n}$  است. بنابراین، فرمول عمومی آلکین ها به صورت  $C_nH_{2n-2}$  نوشته می شود. این هیدروکربن ها برای صنایع مواد مصنوعی مانند پلاستیک ها و الیاف، مواد اولیه پارازشی به شمار می آیند.

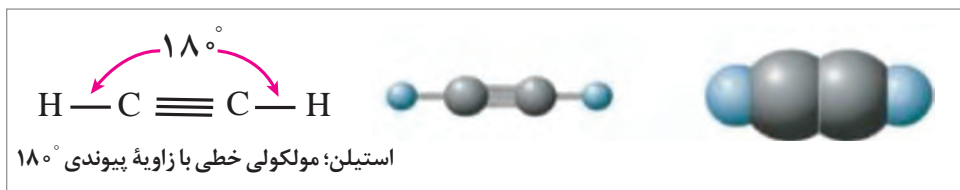
تعیین کنید هر یک از هیدروکربن های زیر به کدام گروه (آلکان، آلکن، آلکین) تعلق دارند؟

الف)  $C_5H_{10}$       ب)  $C_5H_{12}$       ج)  $C_5H_8$

تمرین ۱۱



ساده ترین عضو خانواده آلکین ها، اتین ( $C_2H_2$ ) است، که دو اتم هیدروژن و دو اتم کربن دارد و استیلن نامیده می شود. از این رو، آلکین ها را **هیدروکربن های استیلنی** نیز می نامند. فرمول ساختاری استیلن، یعنی چگونگی پیوند اتم های کربن و هیدروژن به یکدیگر در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸- نمایش فرمول ساختاری مولکول خطی استیلن

همان طور که مشاهده می کنید، استیلن، یک مولکول خطی است. یعنی، دو اتم کربن و دو اتم هیدروژن، همگی در یک راستا قرار گرفته اند.

### نام گذاری آلکین ها

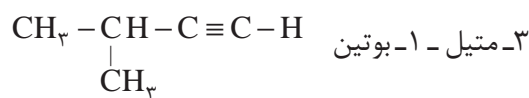
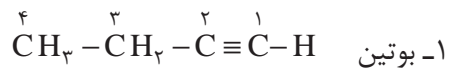
آلکین ها مانند آلکان ها و آلکن ها، یک مجموعه هم رده تشکیل می دهند. یعنی هر ترکیب با ترکیب پیشین یا پسین، در یک گروه ( $-CH_2-$ ) تفاوت دارد.

قواعد نام‌گذاری آلکین‌ها به روش آیوپاک، شبیه نام‌گذاری آلکن‌هاست، با این تفاوت که به جای پسوند «-ن» از پسوند «-ین» استفاده می‌شود. به مثال‌های زیر توجه کنید:

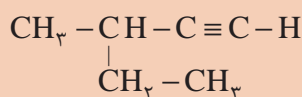


قواعد نام‌گذاری آلکین‌ها را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- ۱ بلندترین زنجیر کربنی را که شامل پیوند سه‌گانه باشد، مشخص کنید.
  - ۲ این زنجیر کربنی را از جهتی که به پیوند سه‌گانه نزدیک‌تر باشد، شماره‌گذاری کنید.
  - ۳ موضع نخستین کربن پیوند سه‌گانه و موضع گروه‌های آلکیل را که به صورت شاخه بر روی زنجیره طویل قرار دارند، با شماره‌های مناسب مشخص کنید.
- برای مثال، به نام‌گذاری هیدروکربن‌های استیلنی زیر و چگونگی نوشتن نام آیوپاک آنها توجه کنید.



تمرین ۱۲



الف) نام آیوپاک هیدروکربن داده شده را بنویسید.

ب) چرا در نام‌گذاری آلکینی که سه اتم کربن دارد، به «شماره» نیاز نیست؟

ج) فرمول ساختاری آلکینی، که نام آیوپاک آن ۳،۳-دی متیل - ۱- بوتین است، را بنویسید.

### ایزومری در آلکین‌ها

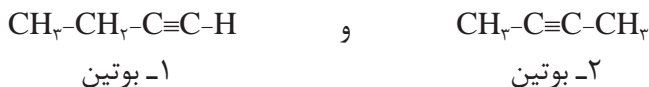
عواملی که در آلکین‌ها موجب به وجود آمدن ایزومری می‌شوند، تقریباً همان عواملی هستند که در آلکن‌ها ایجاد ایزومری می‌کنند:

۱ تغییر موقعیت پیوند سه‌گانه (ایزومری موقعیت)

۲ تغییر زنجیربندی اتم‌های کربن (ایزومری زنجیره‌ای)

مثال ۳: به نمونه‌های زیر توجه کنید:

ایزومری موقعیت:





الف) با توجه به یک ظرفیتی بودن هیدروژن و چهار ظرفیتی بودن کربن، برای هیدروکربنی به فرمول  $C_4H_8$ ، چند ایزومر ساختاری می‌توان رسم کرد که دارای پیوند سه گانه کربن - کربن باشند؟ نام هر یک را به روش آیوپاک بنویسید.

ب) آیا در پرسش بالا می‌توان پنج اتم کربن را پشت سر هم در یک ردیف نوشت و پیوند سه گانه را بین کربن‌های سوم و چهارم قرار داد؟ نام آیوپاک این ترکیب چه خواهد بود؟

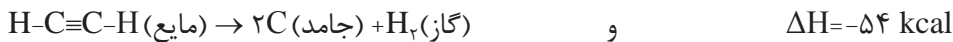
ج) چرا در بعضی آلکن‌ها ایزومری هندسی مشاهده می‌شود، ولی در آلکین‌ها مشاهده نمی‌شود؟ توضیح دهید؟

د) ایزومرهای استیلنی هیدروکربنی به فرمول  $C_6H_{10}$  را رسم کنید و نام هر یک را به روش آیوپاک بنویسید.

ه) آیا در تمرین د، ایزومری داشته‌اید که نام آیوپاک آن ۳-اتیل - ۱- بوتین باشد؟ ساختار این ایزومر را رسم کنید و توضیح دهید. چه اشکالی در نام‌گذاری آن وجود دارد؟

## استیلن

گاز استیلن یا اتین کوچک‌ترین عضو از خانواده آلکین‌ها، دارای فرمول مولکولی  $C_2H_2$  است که در آن دو اتم کربن توسط یک پیوند سه گانه به هم متصل شده‌اند، به همین جهت استیلن جزو ترکیبات سیرنشده به‌شمار می‌آید. استیلن خالص، گازی است بی‌رنگ و دارای بویی شبیه به بوی اتر، در دما و فشار مشخصی به مایع تبدیل می‌شود. استیلن را نمی‌توان بدون رعایت مسایل ایمنی، به مایع تبدیل کرد. استیلن مایع، به‌طور انفجاری به عنصرهای سازنده خود (کربن و هیدروژن) تجزیه می‌شود.



استیلن                      کربن                      هیدروژن

استیلن کمی در آب و الکل حل می‌شود، ولی در استون بسیار حل‌پذیر است؛ به طوری که در دمای  $15^\circ C$  و در فشار معمولی، ۲۵ برابر و در ۱۲ اتمسفر تا ۴۰۰ برابر حجم خود در استون حل می‌شود.



برای حمل و نقل استیلن از مخزن‌های فولادی استفاده می‌کنند. در این مخزن‌ها، ورقه‌هایی از پنبه نسوز که به استون مرطوب آغشته شده‌اند، قرار می‌دهند. استیلن را با فشار نسبتاً کم، در این مخزن‌ها ذخیره می‌کنند. وقتی شیر مخزن را باز کنند، گاز استیلن، همراه با کمی استون، بیرون می‌آید.



کپسول استیلن

با استفاده از این روش، از حوادث ناشی از انفجار استیلن که زمانی بسیار متداول بود، جلوگیری می‌شود. سیلندرهای گاز استیلن به دلیل آتش‌زا و خطرناک بودن لازم است یکپارچه قرمز رنگ باشند.

## تهیه استیلن

استیلن، از نظر صنعتی اهمیت فراوان دارد. ساده‌ترین راه برای تهیه استیلن، افزودن آب به کلسیم کربید است. در آزمایشگاه، استیلن را به این روش تهیه می‌کنند. برای تهیه کلسیم کربید، زغال کک را که یکی از فرآورده‌های به‌دست آمده از تقطیر زغال سنگ است، مخلوط با آهک، در کوره الکتریکی تا حدود  $2000^{\circ}\text{C}$  گرم می‌کنند. واکنش زیر روی می‌دهد:



کربن مونوکسید    کلسیم کربید    کک    آهک



سپس، از واکنش آب با کلسیم کربید، استیلن به‌دست می‌آید:



کلسیم کربید    استیلن

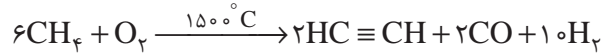


شکل ۹- واکنش کلسیم کربید با آب، گاز اشتعال پذیر استیلن را تولید می‌کند.

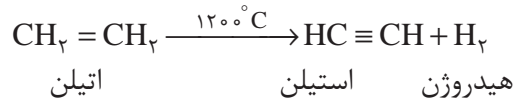


در این فرایند، از مواد اولیه ای استفاده می شود (زغال کک، آهک و آب) که فراوان و ارزان اند. استیلنی که از آبکافت کلسیم کربید به دست می آید، بویی شبیه به بوی سیر دارد. این بو ناشی از ناخالصی های موجود در آن، مانند  $H_2S$ ، به ویژه  $PH_3$  است.

در صنعت برای تهیه استیلن، از روش دیگری که ارزان تر است و بر ترکیب های نفتی تکیه دارد، استفاده می شود. در این روش، متان را در دمای بالا، در مجاورت مقدار کمی اکسیژن، تا  $1500^\circ C$  گرم می کنند:



فرایند صنعتی دیگر برای تهیه استیلن، هیدروژن زدایی از اتیلن در دماهای بالاتر از  $1200^\circ C$  است. در این فرایند، استیلن و هیدروژن تشکیل می شود.



نکته

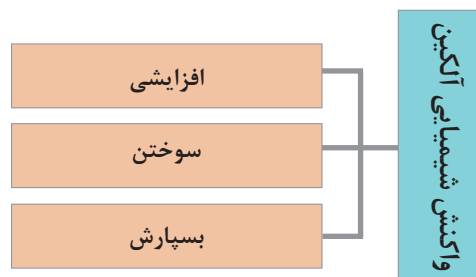


انتخاب فرایندهای مناسب برای تهیه استیلن، به نوسان بهای انرژی (فرایند کلسیم کربید به الکتروسیته بیشتری نیاز دارد)، در دسترس بودن مواد اولیه (اتیلن و زغال) و میزان سرمایه گذاری برای ایجاد تأسیسات مناسب، بستگی دارد.

استیلن، به طور نسبی، گران تر از اتیلن تهیه می شود. از این رو، بیشتر موادی را که در گذشته از استیلن تهیه می کردند، امروزه از اتیلن تهیه می کنند. اتیلن از مولکول شکنی مواد نفتی به دست می آید. برای تهیه بعضی از ترکیب هایی که در ساخت بسپارها کاربرد دارند، هنوز از استیلن استفاده می شود.

## واکنش های شیمیایی آلکین ها

واکنش های شیمیایی آلکین ها، همانند آلکن ها، به سه دسته افزایشی، سوختن و بسپارش تقسیم بندی می شود.

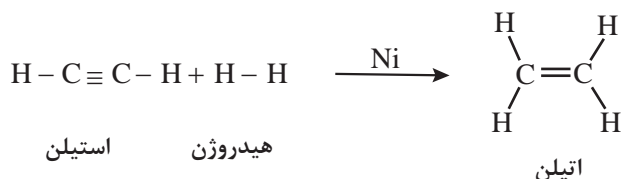


## واکنش‌های افزایشی آلکین‌ها

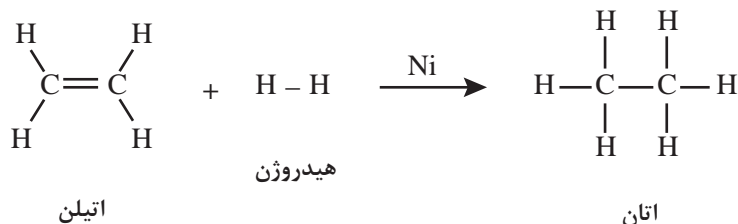
آلکین‌ها، به دلیل دارا بودن پیوند سه‌گانه کربن-کربن، می‌توانند، مانند اتیلن، در واکنش‌های افزایشی شرکت کنند. در ادامه، واکنش‌های افزایشی استیلن توضیح داده می‌شود.

### ■ واکنش افزایشی با هیدروژن

دو گاز هیدروژن و استیلن را می‌توان در دمای معمولی با یکدیگر مخلوط کرد، بدون آنکه بین آنها واکنشی روی دهد. ولی در مجاورت کاتالیزگرهای مناسب (مثلاً ذرات بسیار ریز نیکل، پلاتین یا پالادیم) بین آنها یک واکنش افزایشی روی می‌دهد. این واکنش در دو مرحله صورت می‌گیرد: در مرحله نخست، یک مولکول هیدروژن به استیلن افزوده می‌شود و اتیلن به دست می‌آید.

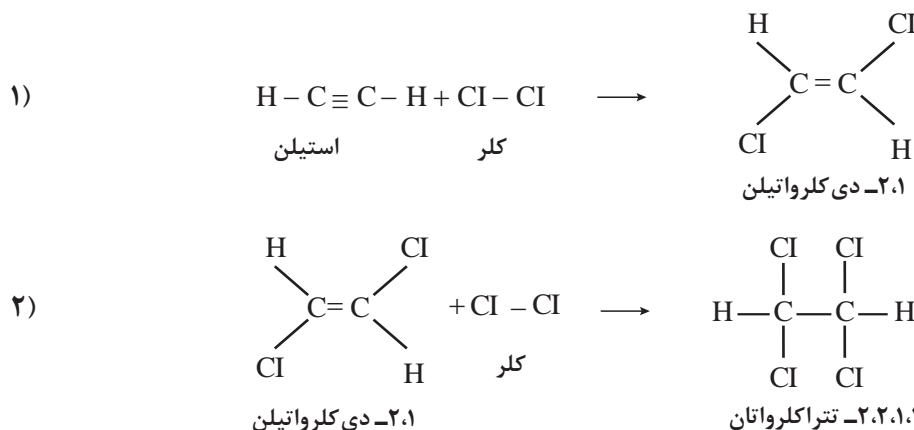


در مرحله بعد، با افزایش مولکول دوم هیدروژن به اتیلن، فرآورده نهایی واکنش، یعنی اتان، تشکیل می‌شود.



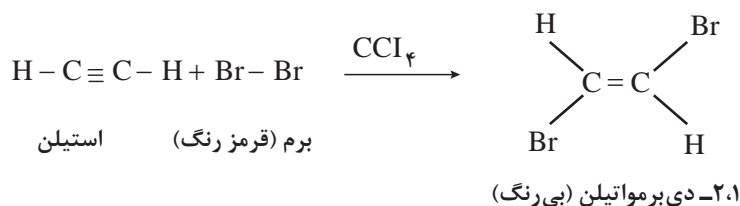
### ■ واکنش افزایشی با هالوژن‌ها

واکنش کلر با استیلن بسیار شدید است و مانند افزایش هیدروژن به استیلن، در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله نخست، ۱،۲-دی‌کلرواتیلن و در مرحله بعد ۱،۱،۲،۲-تتراکلرواتان به دست می‌آید.



واکنش برم با استیلن، مانند واکنش کلر با استیلن ولی ملایم‌تر است. این واکنش با آب برم یا محلول برم در کربن تتراکلرید، فقط تا مرحله نخست پیشرفت می‌کند، ولی با برم مایع، مرحله دوم افزایش نیز انجام می‌شود و ۱،۱،۲،۲-تترا برمواتان به دست می‌آید.

از این واکنش برای شناسایی ترکیب‌های سیرنشده، یعنی پی بردن به وجود پیوندهای دوگانه یا سه‌گانه کربن-کربن در یک ترکیب، استفاده می‌شود. برای این منظور، کمی محلول برم را در کربن تتراکلرید (CCl<sub>4</sub>)، که قرمز رنگ است، به ترکیب می‌افزایند. با تکان دادن آن رنگ قرمز برم به سرعت ناپدید می‌شود. زیرا فراورده‌ای که در این واکنش به‌وجود می‌آید، بی‌رنگ است.



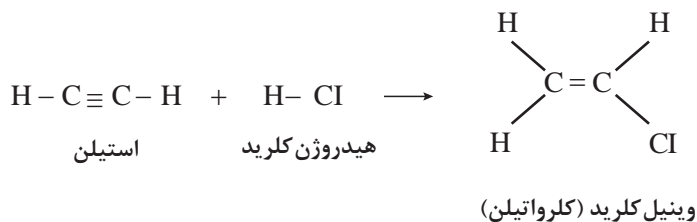
در یک آزمایشگاه دو شیشه دارو، بدون برچسب پیدا شده است، ولی در نزدیکی‌های این شیشه‌ها، دو برچسب بر زمین افتاده است. بر روی یکی از برچسب‌ها ۱- هگزين و بر روی برچسب دیگر n- هگزان نوشته شده است. این شیشه‌ها دارای مایعاتی شفاف و بی‌رنگ‌اند. چگونه می‌توانید معلوم کنید که هر برچسب به کدام شیشه متعلق است؟ توضیح دهید.

بحث کلاسی



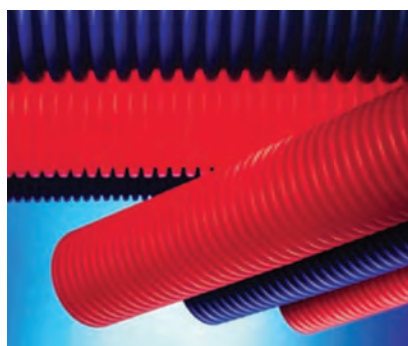
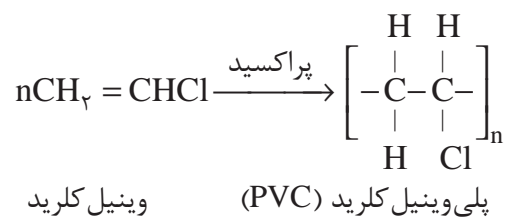
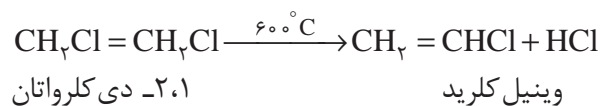
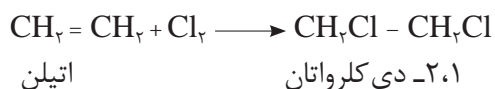
### ■ واکنش افزایشی با هیدروژن هالیدها

واکنش هیدروژن هالیدها، (مثلاً هیدروژن کلرید، HCl)، با استیلن، مانند واکنش آنها با اتیلن است. این واکنش خودبه‌خود انجام می‌شود و نیازی به کاتالیزگر ندارد. بر اثر افزایش یک مول هیدروژن کلرید به استیلن، ترکیبی موسوم به وینیل کلرید (یا کلرواتیلن) تشکیل می‌شود.



وینیل کلرید ماده اولیه بسیار مهمی در صنعت است. زیرا از بسپارش آن، پلی‌وینیل کلرید که به‌طور خلاصه پی‌وی‌سی<sup>۱</sup> (PVC) نامیده می‌شود، به‌دست می‌آید. پی‌وی‌سی یکی از پلاستیک‌های ارزنده است و کاربردهای فراوان دارد شکل (۱۰). امروزه در صنعت، وینیل کلرید را بیشتر از اثر گاز کلر بر اتیلن، در دمای بالا، تهیه می‌کنند.

۱- Poly Vinyl Chloride



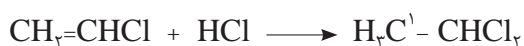
شکل ۱۰- پلی وینیل کلرید (PVC)

در مورد کاربردهای پلی وینیل کلرید اطلاعاتی جمع آوری کنید و آنها را در کلاس گزارش دهید.

تحقیق کنید  
۸



اگر در واکنش تهیه وینیل کلرید مقدار هیدروژن کلرید زیاد باشد، دو مولکول از آن، به طور بیایی، به پیوند سه گانه کربن-کربن افزوده می شوند. واکنش افزایشی در مرحله دوم، همان طور که می دانید از قاعده مارکونیکف پیروی می کند: یعنی، پروتون هیدروژن کلرید به کربنی متصل می شود که هیدروژن بیشتری داشته باشد.



۱،۱- دی کلرواتان هیدروژن کلرید وینیل کلرید

واکنش هیدروژن برمید و هیدروژن یدید (HI ، HBr) نیز، مانند واکنش هیدروژن کلرید با استیلن و با سایر آلکین هاست.

**مثال ۴:** چگونه می‌توانید از استیلن آغاز کنید و ترکیب‌های زیر را بسازید؟ از هر واکنش‌گری که لازم باشد، می‌توانید استفاده کنید:

الف) ۲،۱- دی کلرواتیلن      ب) ۱،۱،۲- تری کلرواتان

**پاسخ:** الف) معادل یک مولکول کلر به یک مولکول استیلن بیفزایید.



استیلن      کلر      ۲،۱- دی کلرواتیلن

ب) به فراورده بند الف، معادل یک مولکول هیدروژن کلرید اضافه کنید.



۲،۱- دی کلرواتن      ۲،۱،۱- تری کلرواتان

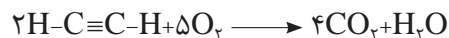
معادله شیمیایی مراحل افزایش دو مولکول هیدروژن برمید را به پروپیلن بنویسید. در هر مرحله چه ترکیبی تشکیل می‌شود؟ نام هر یک را بنویسید.

تمرین ۱۴



## سوختن استیلن

استیلن نیز مانند هر هیدروکربن دیگر، در برابر هوا یا اکسیژن خالص می‌سوزد و کربن دیوکسید و آب تولید می‌کند.



گرمای حاصل از سوختن یک مول استیلن ( $\Delta H = -317 \text{ kcal}$ ) در اکسیژن خالص کمتر از گرمای سوختن یک مول اتیلن ( $\Delta H = -337 \text{ kcal}$ ) و اتان ( $\Delta H = -374 \text{ kcal}$ ) است. واکنش‌های سوختن این سه هیدروکربن را با اکسیژن بنویسید.

تمرین ۱۵



شکل ۱۱- جوشکاری استیلن

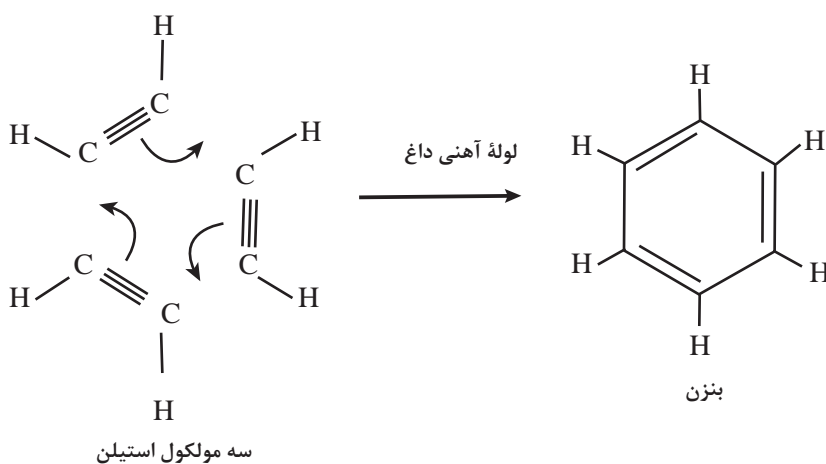
از سوختن استیلن، در مقایسه با سوختن اتان و اتیلن، گرمای کمتری تولید می‌شود. با وجود این، برای جوشکاری و بریدن قطعات فلزی، بیشتر از مشعل‌های اکسی استیلن استفاده می‌شود. زیرا دمای شعله سوختن استیلن در مقایسه با اتیلن و اتان، بالاتر است. علت را می‌توان در کمتر بودن تعداد مول‌های گازی حاصل از سوختن یک مول استیلن جست‌وجو کرد. این گازها برای رسیدن به دمای شعله، گرمای کمتری جذب می‌کنند و در نتیجه، دما بالاتر می‌رود (شکل ۱۱).



دمای شعله سوختن یک حجم استیلین با بیست حجم هوا بیشتر است یا با پنج حجم اکسیژن خالص؟  
معادله‌های واکنش را در هر دو حالت بنویسید و دربارهٔ پاسخ خود توضیح دهید (راهنمایی: یک پنجم  
حجم هوا، اکسیژن و چهار پنجم آن، نیتروژن است). پاسخ به این تمرین اختیاری است.

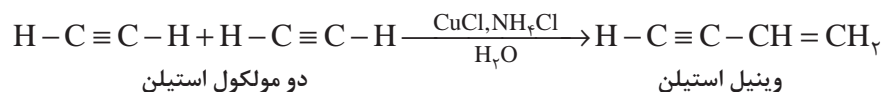
## بسیارش استیلین

اگر گاز استیلین را از درون یک لولهٔ آهنی داغ عبور دهند، مقداری از آن به بنزن تبدیل می‌شود.

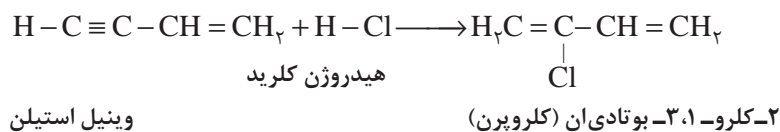


بنزن را می‌توان سه‌پار<sup>۱</sup> استیلین (تشکیل شده از سه مولکول استیلین) به‌شمار آورد.

دو مولکول استیلین می‌توانند در مجاورت مس (I) کلرید، در محلول آبی آمونیوم کلرید، با یکدیگر واکنش دهند و به دوپار<sup>۲</sup> (تشکیل شده از دو مولکول استیلین) تبدیل شوند.



در واکنش‌های افزایشی، پیوند سه‌گانهٔ کربن-کربن، فعال‌تر از پیوند دوگانهٔ کربن-کربن است. از این رو، بر اثر افزایش یک مول هیدروژن کلرید به وینیل استیلین، بر طبق قاعدهٔ مارکونیکف، ۲-کلرو-۱،۳-بوتادیان به‌دست می‌آید. نام تجاری این ترکیب «کلرو پرن» است.



۱- Trimer

۲- Dimer

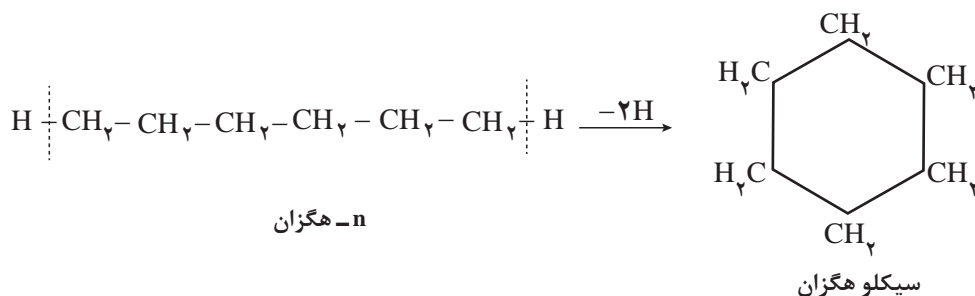


از بسپارش کلروپرن، یک کائوچوی مصنوعی، موسوم به «نئوپرن»، به‌دست می‌آید. نئوپرن، برخلاف کائوچوی طبیعی، در برابر روغن‌ها و چربی‌ها مقاوم است و در صنایع خودروسازی کاربردهای فراوان دارد. از جمله به‌صورت عایق سیم‌های برق و بسیاری از قطعاتی که در تماس با چرب‌کننده‌ها قرار می‌گیرند، مصرف می‌شود (شکل ۱۲).

شکل ۱۲- یک نمونه نئوپرن

## سیکلوآلکان‌ها

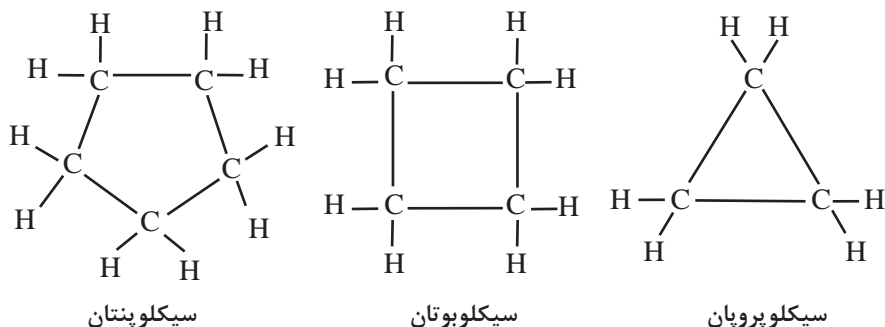
در آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها اتم‌های کربن به گونه‌ای به یکدیگر متصل شده‌اند که زنجیره تشکیل می‌دهند. این هیدروکربن‌ها را هیدروکربن‌های زنجیره‌ای می‌نامند. اما، در بسیاری از هیدروکربن‌ها، اتم‌های کربن به گونه‌ای به یکدیگر متصل شده‌اند که حلقه تشکیل می‌دهند. این هیدروکربن‌ها، هیدروکربن‌های حلقوی نامیده می‌شوند. برای مثال، اگر در  $n$ -هگزان (هگزان نرمال)، از کربن‌های ابتدایی و انتهای زنجیر، دو اتم هیدروژن جدا شود و کربن‌هایی که در این حالت یک اتصال آزاد دارند، به یکدیگر متصل شوند، یک هیدروکربن حلقوی که دارای شش اتم کربن و دوازده اتم هیدروژن است و سیکلوهگزان نام دارد، به‌دست می‌آید.



بنابراین، سیکلوآلکان‌ها، نسبت به هیدروکربن‌های زنجیره‌ای سیر شده با همان تعداد کربن، دو اتم هیدروژن کمتر دارند. به یاد دارید که آلکن‌ها نیز نسبت به هیدروکربن‌های سیر شده زنجیره‌ای هم‌ردیف خود (با همان تعداد اتم کربن) دو اتم هیدروژن کمتر دارند. از این رو، سیکلوآلکان‌ها مانند آلکن‌ها، دارای فرمول عمومی  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  هستند. باید توجه داشت که بین آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌های هم‌کربن، یک تفاوت عمده وجود دارد، در آلکن‌ها، دست‌کم دو اتم کربن با پیوند دوگانه به یکدیگر متصل شده است و بنابراین، سیر نشده‌اند، در صورتی که در سیکلوآلکان‌ها، تمام اتم‌های کربن با پیوندهای یگانه به یکدیگر متصل‌اند و در نتیجه، سیر شده به‌شمار می‌آیند. هیدروکربن‌های حلقوی در اندازه‌های مختلف، از سه کربن در حلقه تا حلقه‌های بیست ضلعی یا بزرگ‌تر وجود دارند. به علاوه، بسیاری از آنها بیش از یک حلقه دارند و در طبیعت، به ویژه در گیاهان، به‌طور گسترده یافت می‌شوند.

## نام گذاری سیکلو آلکان ها

برای نام گذاری هیدروکربن های سیر شده حلقوی به روش آیوپاک، پیشوند «سیکلو-Cyclo» را که به معنی «حلقوی» است، به نام هیدروکربن سیر شده زنجیری با همان تعداد کربن، می افزایند. به مثال های زیر توجه کنید:



رسم فرمول سیکلو آلکان ها به این صورت، وقت گیر و خسته کننده است. برای آسان کردن کار، اغلب از نوشتن اتم های کربن و اتم های هیدروژن صرف نظر می شود. بنابراین، فرمول های ساختاری هیدروکربن های حلقوی بالا را می توان به صورت خلاصه شده زیر نمایش داد:

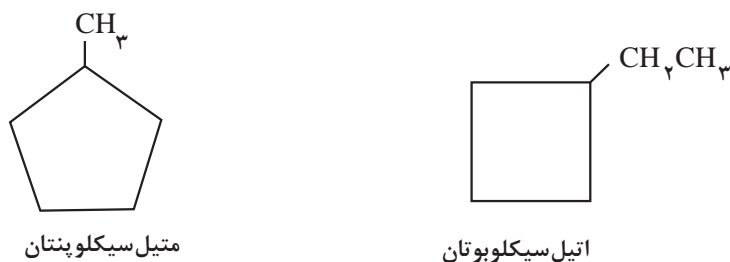


در هر گوشه از این شکل های هندسی، یک اتم کربن و دو اتم هیدروژن متصل به آن وجود دارد.

نکته

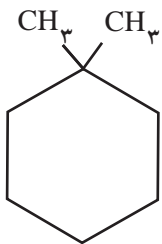


هیدروکربن های حلقوی، ممکن است دارای یک یا چند شاخه جانبی نیز باشند. اگر تنها یک شاخه جانبی وجود داشته باشد، به شماره گذاری حلقه نیازی نیست، زیرا تمام مواضع حلقه یکسان هستند. به مثال های زیر توجه کنید:

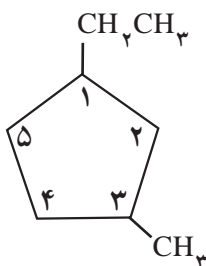




ولی اگر تعداد شاخه‌های جانبی دو یا بیشتر باشد، باید موضع آنها را بر روی حلقه با شماره‌های مناسب مشخص کنیم. شماره‌گذاری اتم‌های کربن تشکیل دهنده حلقه از جهتی انجام می‌شود که مجموع اعداد نسبت داده شده به آنها کوچک‌ترین مقدار باشد. نام شاخه‌ها را به ترتیب حروف الفبای لاتین، ذکر می‌کنیم. برای مثال، به نام‌گذاری هیدروکربن‌های زیر توجه کنید:



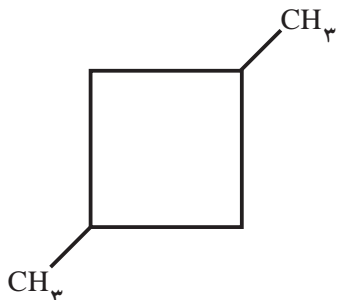
۱،۱-دی‌متیل‌سیکلوهگزان



۱-اتیل - ۳-متیل‌سیکلوپنتان

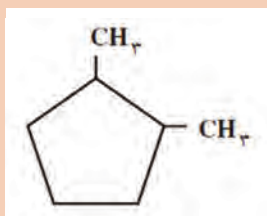
توجه: (۱-اتیل - ۴-متیل‌سیکلوپنتان درست نیست).

مثال ۴: هیدروکربن زیر را به روش آیوپاک نام‌گذاری کنید:



حل:

در این هیدروکربن، چهار اتم کربن یک حلقه چهارضلعی تشکیل داده‌اند (سیکلو بوتان). در گوشه‌های ۱ و ۳ دو شاخه متیل وجود دارد. بنابراین، نام این هیدروکربن، به روش آیوپاک، به صورت زیر است:  
۱،۳-دی‌متیل‌سیکلو بوتان



۱ هیدروکربن داده شده را نام‌گذاری کنید:

۲ فرمول‌های ساختاری هیدروکربن‌های زیر را بنویسید:

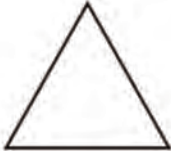

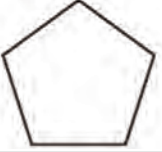

(الف) ۱،۱-دی‌اتیل‌سیکلو پروپان      (ب) n - پروپیل‌سیکلوپنتان



### بررسی نقطه ذوب و جوش سیکلوآلکان‌ها

دمای ذوب و جوش سیکلوآلکان‌ها، کمی بالاتر از دمای ذوب و جوش آلکان‌های زنجیری با همان تعداد اتم کربن است زیرا حرکات نوسانی اتم‌ها در مولکول سیکلوآلکان‌ها به علت تشکیل حلقه، تا حدودی محدود شده است و در نتیجه، مولکول‌های آنها بیشتر می‌توانند به یکدیگر نزدیک شوند (نیروهای جاذبه بین آنها بیشتر است) در نتیجه جدا کردن آنها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز دارد. به داده‌های جدول ۵ توجه کنید.

جدول ۵- مقایسه دمای ذوب و جوش n - آلکان‌ها و سیکلوآلکان‌ها

دمای جوش (°C)	دمای ذوب (°C)	فرمول	n - آلکان و سیکلوآلکان
-۴۲	-۱۸۷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	پروپان
-۳۳	-۱۲۷		سیکلوپروپان
-۰/۵	-۱۳۵	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	n- بوتان
۱۳	-۹۰		سیکلوبوتان
۳۶	-۱۳۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	n- پنتان
۴۹	-۹۴		سیکلوپنتان
۶۹	-۹۵	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	n- هگزان
۸۱	۷		سیکلوهگزان

هیدروکربن‌های زیر را به ترتیب کاهش دمای جوش، از چپ به راست منظم کنید. (هیدروکربنی را که دارای دمای جوش بالاتر است، در سمت چپ بنویسید.) برای انتخاب خود، چه دلیلی ارائه می‌دهید:

الف) سیکلوپنتان      ب) n- پنتان      ج) ۲- متیل بوتان

تمرین ۱۸



## پرسش‌های پایانی

۱ مولکول اتن را با مولکول اتان، در موارد زیر مقایسه کنید.

الف) تعداد پیوندهای میان اتم‌ها

ب) تعداد جفت الکترون‌های پیرامون هر اتم

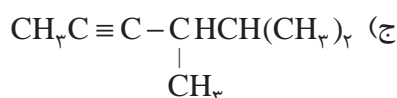
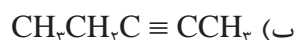
ج) ظرفیت کربن

۲ کدام یک از ترکیب‌های زیر، دارای ایزومرهای سیس و ترانس است؟

الف) ۱- بوتن (ب) ۲- پنتن (ج) ۲- متیل بوتن (د) ۲- متیل پروپن

فرمول ساختاری ایزومرهای احتمالی را رسم کنید.

۳ نام آیوپاک هریک از آلکین‌های زیر را بنویسید:



۴ ساختار فراورده عملی به دست آمده از واکنش ۱- هگزین را با واکنش‌گرهای زیر بنویسید:

الف) هیدروژن (دو مول)، پلاتین

ب) هیدروژن کلرید (یک مول)

پ) هیدروژن کلرید (دو مول)

۵ چگونه می‌توان با یک آزمایش ساده، هیدروکربن‌های زیر را از یکدیگر تشخیص داد؟

الف) ۲- بوتین و بوتان

ب) ۱- بوتین و ۱- بوتین

پ) ۱- بوتین و ۱- بوتن

ث) ۲- بوتن و بوتان

۶ معادله واکنش سوختن یک مول سیکلوپنتان را در هوا بنویسید.

### جدول ارزشیابی پودمان به کارگیری هیدروکربن های آلیفاتیک

نمره	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	عنوان پودمان
۳	■ چگونگی واکنش های آلکن ها و آلکین ها را شرح دهد.	بالاتر از حد انتظار	رسم ساختار و نام گذاری و رسم ایزومرهای آلکن ها و آلکین ها و سیکلوآلکن ها را انجام دهد. ■ کاربرد هیدروکربن های الیفاتیکی را توضیح دهد.	کاربرد آلکن ها	هیدروکربن های آلیفاتیک
۲	■ ساختار سیکلوآلکن ها، آلکن ها و آلکین ها را رسم و آنها را نام گذاری کند. ■ ایزومرهای آلکن ها و آلکین های اولیه را رسم کند. ■ بسپارش و خواص بسپارها را بیان کند. ■ روش تهیه اتیلن و استیلن را شرح دهد.	در حد انتظار		کاربرد آلکین ها و سیکلوآلکن ها	
۱	شاخص های «در حد انتظار» را با بیش از یک اشتباه انجام دهد.	پایین تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان از ۳	
				نمره پودمان از ۲۰	