

## آلکان‌ها (هیدروکربن‌های سیرشده‌ی زنجیری)

هدف‌های رفتاری فصل (۲): دانش‌آموز، پس از آموختن مفاهیم و روش‌های این فصل، باید بتواند:

- ۱- منابع آلکان‌ها را در طبیعت و بویژه در ایران، با ذکر مثال، بیان کند.
- ۲- روند تغییر خواص آلکان‌ها را با توجه به افزایش وزن مولکولی توجیه کند.
- ۳- در نامگذاری آلکان‌ها و نوشتن فرمول آن‌ها در سطح مقدماتی، مهارت نشان دهد.
- ۴- ایزومرهای ممکن را برای یک آلکان اولیه بنویسد و نامگذاری کند.
- ۵- از عهده‌ی حل برخی مسایل عددی ساده در ارتباط با تشخیص فرمول آلکان‌های اولیه، برآید.
- ۶- برخی کاربردهای مهم آلکان‌ها و مشتقات آن‌ها را در زندگی و صنعت فهرست‌وار، بیان کند.
- ۷- مکانیسم واکنش جانشینی رادیکالی را در آلکان‌ها، با ذکر یک مثال ساده توضیح دهد.
- ۸- انرژی یک واکنش ساده‌ی مربوط به آلکان‌ها را بر اساس انرژی‌های پیوندی، محاسبه کند.
- ۹- نقش آلکان‌ها را در تأمین انرژی مورد مصرف در زندگی و صنعت به اختصار بیان کند و فرمول کلی سوختن آن‌ها را بنویسد.

### ۱-۲- پیشگفتار

آلکان‌ها، هیدروکربن‌هایی هستند که به صورت گاز، مایع و جامد در نفت خام وجود دارند. این ترکیب‌ها، مهم‌ترین منابع انرژی را تشکیل می‌دهند. در عین حال، با برداشتن یک یا چند اتم هیدروژن از مولکول آن‌ها و جایگزین کردن آن‌ها به وسیله‌ی اتم‌ها یا گروه‌هایی از اتم‌های دیگر، انواع فراوانی از مواد آلی جدید تهیه می‌شوند. بنابراین آلکان‌ها در حکم مواد آغازین برای تهیه تعداد زیادی از مواد آلی به شمار می‌روند.

### ۲-۲- ساختار و فرمول آلکان‌ها

آلکان‌ها یا هیدروکربن‌های سیرشده، ترکیب‌هایی از هیدروژن و کربن هستند که هر اتم کربن در آن‌ها به وسیله‌ی چهار پیوند کووالانسی ساده، و از طریق چهار جفت الکترون با چهار اتم دیگر پیوند دارند. به مثال‌های زیر که مربوط به چهار آلکان اولیه است، توجه کنید:

نام	فرمول مولکولی <sup>۱</sup>	فرمول ساختاری (پیوندها به صورت جفت الکترون مشترک)	فرمول ساختاری <sup>۲</sup> (پیوندها به صورت خط فاصله)
متان	CH <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
اتان	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
پروپان	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
بوتان	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

بررسی ساختار این هیدروکربن‌ها، ما را به چند ویژگی مهم می‌رساند:

۱- هر اتم کربن به وسیله‌ی چهار پیوند کووالانسی ساده با چهار اتم مجاور پیوند یافته است. چون هر چهار ظرفیت اتم کربن به وسیله‌ی چهار اتم دیگر اشغال شده، بنابراین، جایی برای ترکیب اضافی با اتم دیگر وجود ندارد. به همین دلیل، این هیدروکربن‌ها سیرشده یا اشباع شده<sup>۳</sup> نامیده می‌شوند، و بنابر قرارداد، نام آلکان<sup>۴</sup> به آن‌ها اطلاق می‌شود.

۲- تفاوت هر عضو از این مجموعه، با عضو قبلی یا بعدی در یک  $-\text{C}-$  است. این نوع ترکیب‌ها را که تفاوت آن‌ها در یک

یا چند  $(-\text{CH}_2-)$  است، سری هومولوگ<sup>۵</sup> (همرده) می‌نامند. به همین دلیل، چهار عضو متان، اتان، پروپان و بوتان را هومولوگ همدیگر می‌دانیم، که در مجموع بخش اولیه‌ای از سری هومولوگ‌های آلکان‌ها را تشکیل می‌دهند. در آینده خواهیم دید که هومولوگ‌ها در هر خانواده‌ای از ترکیب‌های آلی وجود دارند، و در هر مورد، هر عضوی با عضو بعدی خود، در یک  $-\text{CH}_2-$  اختلاف دارد.

۱- فرمول مولکولی: نشان‌دهنده‌ی نوع عنصرها و تعداد اتم‌های هر عنصر در یک مولکول است.

۲- فرمول ساختاری: نشان‌دهنده‌ی نوع عنصرها و تعداد اتم‌های هر عنصر در یک مولکول است، و هم نشان‌دهنده‌ی موقعیت اتم‌ها یا گروه‌های چند اتمی نسبت

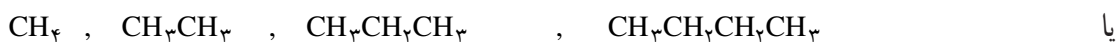
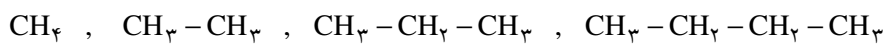
به یکدیگر در مولکول می‌باشد.

۳- از آنجا که در این ترکیب‌ها، هر ترکیب با ترکیب قبلی و بعدی خود در یک گروه «-CH<sub>2</sub>-» تفاوت دارد، یعنی به ازای هر اتم کربن، دو اتم هیدروژن به هیدروکربن قبلی اضافه می‌شود، پس اگر تعداد اتم‌های کربن n باشد، تعداد هیدروژن‌ها 2n خواهد بود. از طرفی چون متان که نخستین عضو این خانواده است، خود دو اتم هیدروژن بیشتر از -CH<sub>2</sub>- دارد، پس می‌توان فرمول کلی هیدروکربن‌های این خانواده را 2H + (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> نوشت. این فرمول را برای سادگی به صورت C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> می‌نویسند. یعنی در این هیدروکربن‌ها، تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول، 2 اتم بیشتر از 2 برابر تعداد اتم‌های کربن است. با این ترتیب، در خانواده‌ی آلکان‌ها بعد از بوتان، ترکیبی به فرمول C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> خواهیم داشت (n = 5 است، پس 12 = 2 × 5 + 2 = H خواهد بود). این هیدروکربن، پنتان نام دارد.

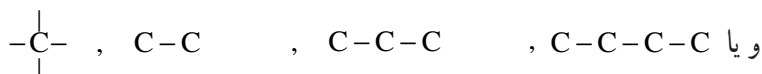
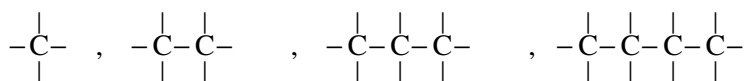
**تمرین ۱-۲-** فرمول مولکولی آلکانی را که 6 اتم کربن دارد، بنویسید و یک فرمول الکترون نقطه‌ای و هم‌چنین فرمول ساختاری برای آن رسم کنید.

**تمرین ۲-۲-** فرمول مولکولی آلکان‌ها را از C<sub>1</sub> تا C<sub>7</sub> بنویسید.

یادآوری - برای صرفه‌جویی در کاغذ، هم‌چنین آسان کردن فرمول‌نویسی، به جای فرمول ساختاری گسترده‌ای که در ستون سمت چپ مثال‌های قبلی درباره متان، اتان، پروپان و بوتان ارائه شده است، فرمول این مواد را به «صورت متراکم» زیر می‌نویسند:



فرمول ساختاری بوتان را نیز می‌توان به صورت متراکم  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$  نوشت.

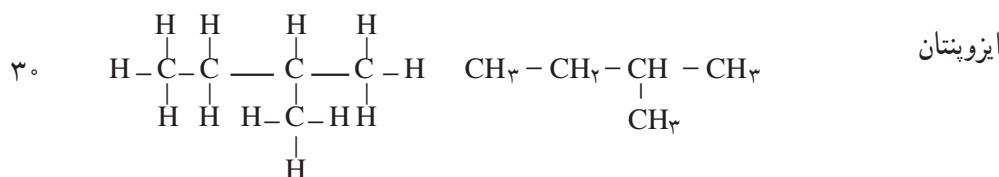
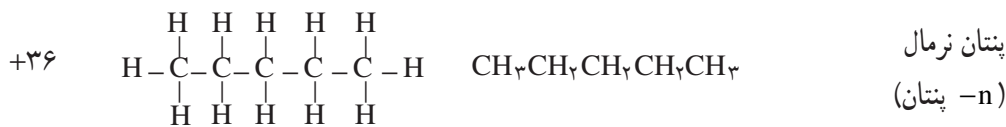


## ۳-۲- نامگذاری آلکان‌ها

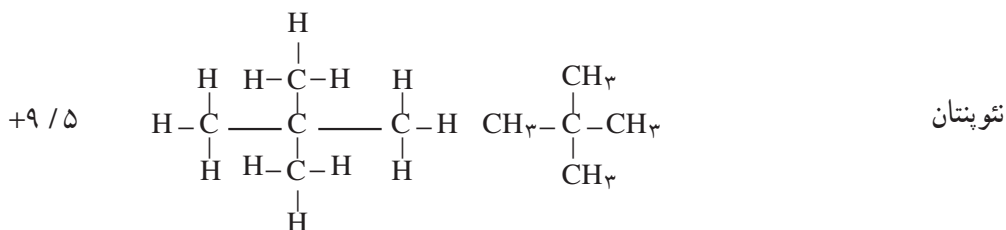
**۳-۲-۱- نامگذاری معمولی برخی هیدروکربن‌های اولیه:** با گسترش دانش شیمی آلی و کشف انبوه ترکیب‌های

گوناگون آن، ضرورت جستجوی راه و روش علمی ساده برای نامگذاری این ترکیب‌ها بیش از پیش آشکار گردید. قبلاً آموخته‌اید که دانشمندان دو ایزومر بوتان (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) را، یکی بوتان نرمال و دیگری را ایزوبوتان نام نهادند. برای هومولوگ بعدی بوتان به نام پنتان (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>)، سه ایزومر به صورت زیر وجود دارد که باز هم برای معرفی آن‌ها از نام‌های قدیمی است، استفاده می‌شود.

نام ایزومرهای پنتان	فرمول متراکم ایزومر	فرمول ساختاری ایزومر	دمای جوش ایزومر (°C)
---------------------	---------------------	----------------------	----------------------



پیشوند ایزو برای ترکیب‌هایی به کار می‌رود که بر روی کربن دوم از زنجیر اصلی یک شاخه متیل ( $\text{CH}_3$ ) وجود داشته باشد.



پیشوند نتو برای ترکیب‌هایی به کار می‌رود که بر روی کربن دوم از زنجیر اصلی دو شاخه متیل وجود داشته باشد.

در این جا نیز دیده می‌شود که هر قدر تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر باشد، دمای جوش ایزومر پایین تر است. همان طور که دیده شد، برای تشخیص دو ایزومر بوتان از یکدیگر، از کلمه‌های نرمال و ایزو، و برای تشخیص سه ایزومر پنتان از کلمه‌های نرمال، ایزو و نتو استفاده کردیم. بدیهی است که در هومولوگ‌های سنگین تر به شدت بر تعداد ایزومرها افزوده می‌شود. این جاست که دانشمندان باید در اندیشه‌ی نامگذاری علمی، جامع و آسان باشند.

**۲-۳-۲- دستور ایوپاک برای نامگذاری آلکان‌ها-** در حدود یک صد سال پیش، کمیته‌ای بین‌المللی از شیمیدانان جهان برای استاندارد کردن نامگذاری‌ها تشکیل گردید، که بعدها کار خود را در چارچوب اتحادیه معروف به ایوپاک<sup>۱</sup> دنبال کرد. تصمیم‌های این کمیته در مورد نامگذاری همه‌ی ترکیب‌های آلی در اغلب موارد، توسط کُلیه کشورهای جهان رعایت می‌شود. دستور نامگذاری ایوپاک، ضمن انجام برخی تجدیدنظرها تاکنون به کار می‌رود. در عین حال، نام‌های قدیمی و معمولی برخی ترکیب‌های اولیه از هر سری از خانواده‌های ترکیب‌های آلی، در کنار نام‌های جدید کاربرد دارند. چهار هیدروکربن اولیه، دارای نام‌های معمولی متان ( $\text{CH}_4$ )، اتان ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ )، پروپان ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ) و بوتان ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ) هستند. دستور ایوپاک برای نامگذاری آلکان‌ها به قرار زیر است:

دستور شماره ۱- بلندترین زنجیر را در مولکول مشخص و آن را نامگذاری کنید. مطابق این دستور، نام آلکان شامل دو بخش است:

۱- انجمن جهانی شیمی نظری و کاربردی معروف به IUPAC

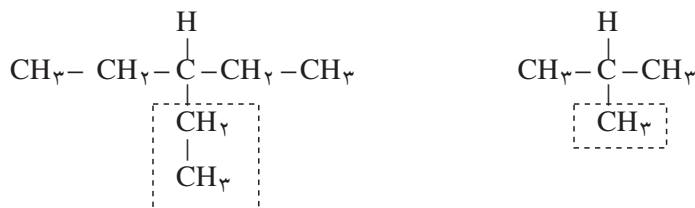
الف - پیشوندی که نشان دهنده‌ی تعداد اتم‌های کربن به زبان یونانی<sup>۱</sup> است.  
 ب - پسوند «آن» (ane) که مشتق از خانواده‌ی آلکان‌ها است. به نام و مشخصات ۸ آلکان اولیه ارائه شده در جدول ۱-۲ توجه کنید :

جدول ۱-۲- نام، فرمول و برخی مشخصات فیزیکی ۸ آلکان اولیه

چگالی g/ml	دمای جوش °C	دمای ذوب °C	فرمول ساختاری مترکم	فرمول مولکولی C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	نام آلکان
-	-۱۶۲	-۱۸۲	CH <sub>۴</sub>	CH <sub>۴</sub>	متان
-	-۸۹	-۱۸۳	CH <sub>۳</sub> -CH <sub>۳</sub>	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub>	اتان
۰/۵۰ (مایع)	-۴۲	-۱۸۸	CH <sub>۳</sub> -CH <sub>۲</sub> -CH <sub>۳</sub>	C <sub>۳</sub> H <sub>۸</sub>	پروپان
۰/۵۹۹	-۰/۵	-۱۳۸	CH <sub>۳</sub> -(CH <sub>۲</sub> ) <sub>۲</sub> -CH <sub>۳</sub>	C <sub>۴</sub> H <sub>۱۰</sub>	n- بوتان
۰/۶۲۷	۳۶	-۱۳۰	CH <sub>۳</sub> -(CH <sub>۲</sub> ) <sub>۳</sub> -CH <sub>۳</sub>	C <sub>۵</sub> H <sub>۱۲</sub>	n- پنتان
۰/۶۶	۶۹	-۹۵	CH <sub>۳</sub> -(CH <sub>۲</sub> ) <sub>۴</sub> -CH <sub>۳</sub>	C <sub>۶</sub> H <sub>۱۴</sub>	n- هگزان
۰/۶	۹۸	-۹۱	CH <sub>۳</sub> -(CH <sub>۲</sub> ) <sub>۵</sub> -CH <sub>۳</sub>	C <sub>۷</sub> H <sub>۱۶</sub>	n- هپتان
۰/۷۰۳	۱۲۶	-۵۷	CH <sub>۳</sub> -(CH <sub>۲</sub> ) <sub>۶</sub> -CH <sub>۳</sub>	C <sub>۸</sub> H <sub>۱۸</sub>	n- اکتان

**تمرین ۳-۲-** فرمول و نام آلکان‌های C<sub>۹</sub> و C<sub>۱۰</sub> را بنویسید.

**یادآوری: معرّفی بنیان آلکیل -** برای نامگذاری آلکان‌های پیچیده، دانستن نام بنیان‌ها ضرورت دارد. اگر از یک آلکان، یک اتم هیدروژن برداریم، آنچه باقی می‌ماند، بنیان آلکیل نامیده می‌شود. برای مثال: بنیان متیل - CH<sub>۳</sub> از متان (CH<sub>۴</sub>)، بنیان اتیل - C<sub>۲</sub>H<sub>۵</sub> (یا -CH<sub>۲</sub>CH<sub>۳</sub>) از اتان (C<sub>۲</sub>H<sub>۶</sub>)، و بنیان پروپیل - C<sub>۳</sub>H<sub>۷</sub> از پروپان است. برای نامگذاری بنیان آلکیل، پسوند «آن» (ane) را در آلکان به پسوند «ایل» (yl) تبدیل می‌کنند.  
 دستور شماره ۲: همه‌ی گروه‌های آلکیل متصل به بلندترین زنجیر را نامگذاری کنید. هرگاه آلکان، دارای شاخه‌ی فرعی باشد، مانند دو مورد زیر:

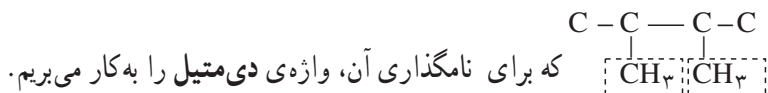


نام ماده‌ی اندکی پیچیده‌تر می‌شود. در این جا ابتدا باید نام شاخه‌ها را مشخص کنیم. در دو مثال بالا، یک اتم هیدروژن از

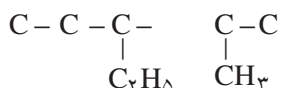
۱- اعداد یونانی از یک تا ده عبارت‌اند از: ۱- mono، ۲- di، ۳- tri، ۴- tetra، ۵- penta، ۶- hexa، ۷- hepta، ۸- octa، ۹- nona، ۱۰- deca

مولکول الف برداشته شده، و به جای آن، یک بنیان متیل ( $\text{CH}_3$ ) جایگزین شده است. در مولکول ب، یک بنیان اتیل ( $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) جانشین یک اتم هیدروژن شده است.

توجه — هرگاه دو بنیان آلکیل مشابه، مانند دو بنیان متیل، به صورت دو شاخه فرعی وارد زنجیر اصلی شود، در نامگذاری آن‌ها از پیشوند «دی» استفاده می‌شود. مانند:

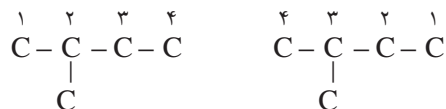


هرگاه دو شاخه‌ی جانشینی که بر روی زنجیر اصلی می‌نشینند، متفاوت باشند، نامگذاری برحسب تقدم حروف الفبای لاتین آن‌ها انجام می‌گیرد. مانند:



در این مورد، نام اتیل (ethyl) بر نام متیل (methyl) مقدم است.

دستور شماره ۳ — اتم‌های کربن بلندترین زنجیر را طوری شماره‌گذاری کنید که اتم کربن شماره ۱ نزدیک‌ترین موقعیت را به شاخه‌ی جانشین شده داشته باشد. به مثال زیر توجه کنید:



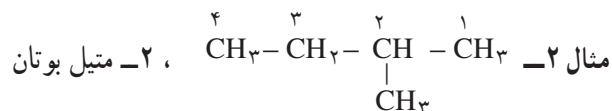
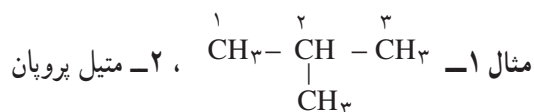
شماره‌گذاری درست

شماره‌گذاری غلط

دستور شماره ۴ — در مرحله پایانی، نام آلکان را به ترتیب زیر بنویسید:

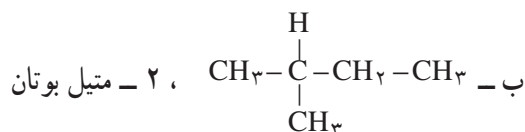
الف — شماره‌ی اتم کربن متصل به گروه آلکیل را بنویسید، و پس از آن یک خط تیره (-) بکشید.  
ب — نام بنیان الکیل را بنویسید.

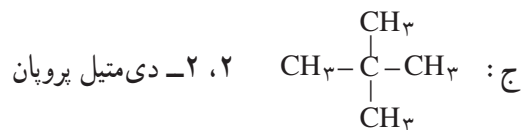
ج — نام زنجیر اصلی هیدروکربن (تنه‌ی اصلی) را بنویسید.



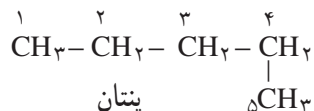
مثال ۳: نامگذاری ایزومرهای پنتان ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) بر حسب دستور ایوپاک (قبلاً با نامگذاری قدیمی و معمولی آن‌ها آشنا شدید):

الف —  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  ، پنتان

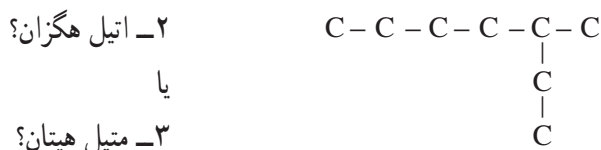




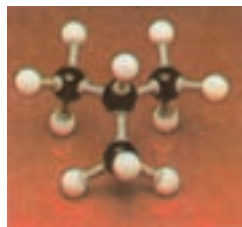
توجه: در مورد مثال ج، می‌توان از ذکر موقعیت دو گروه متیل صرف‌نظر کرد، و این ماده را به صورت دی‌متیل پروپان نامگذاری کرد. چون این دو شاخه متیل ناگزیر، فقط در موقعیت اتم کربن شماره‌ی ۲ قرار می‌گیرند. موقعیت اتم کربن ۱ در پروپان یا هر مولکول دیگری، بنیان آلکیل را به عنوان شاخه نمی‌پذیرد، بلکه این بنیان امتدادی برای شاخه‌ی اصلی به شمار می‌رود. به مثال زیر توجه کنید:



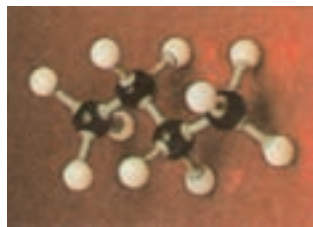
**تمرین ۴-۲** کدام نام را برای فرمول زیر انتخاب می‌کنید (بلندترین زنجیر کربنی چند اتم کربن دارد)؟



شکل دوبعدی مولکول‌ها که روی کاغذ ترسیم می‌شود، ممکن است زنجیر را در امتداد مستقیم و شاخه‌ی آن را همراه با زاویه‌ی ۹۰ درجه نشان دهد! ولی واقعیت آن است که شکل واقعی این مولکول‌ها چنین نیست. باید به ساختار سه‌بعدی مولکول‌ها در فضا توجه کرد. شکل ۱-۲ ساختار سه‌بعدی مولکول‌های بوتان و ایزوبوتان را نشان می‌دهد. زنجیر کربنی بوتان که معمولاً روی کاغذ در امتداد مستقیم ترسیم می‌شود، شکل شکسته «زیگزاگ» دارد (شکل الف)، که زاویه‌ی پیوندی در طول زنجیر آن، چه میان اتم‌های کربن  $\text{C}-\text{C}-\text{C}$ ، و چه میان اتم‌های کربن و هیدروژن ( $\text{C}-\text{C}-\text{H}$  یا  $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ )، همگی در حدود  $109.5^\circ$  است. در مبحث بعدی و هنگام بررسی شکل فضایی مولکول متان، علت پیدایش چنین زاویه‌ای را بررسی خواهیم کرد.



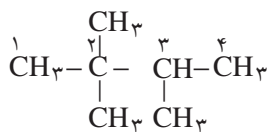
ب- ایزوبوتان



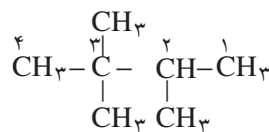
الف- بوتان

شکل ۱-۲- ساختار سه‌بعدی مولکول‌های بوتان و ایزوبوتان

**تمرین ۵-۲** کدام نام درست است؟



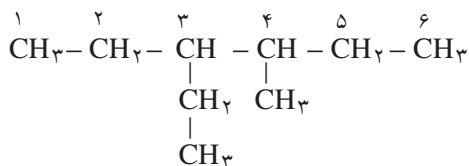
ب: ۲، ۲، ۳-تری متیل بوتان



الف: ۲، ۳، ۳-تری متیل بوتان

در مواردی که شاخه‌های آلکیل موقعیت معادل دارند، اغلب به مجموع عددهایی که به شاخه‌ها تعلق دارد توجه می‌شود. مجموع عددها در نام الف، برابر ۸ و در نام ب، برابر ۷ است. در این گونه شرایط اغلب، نامی که کمترین مجموع عددهای مربوط به موقعیت شاخه‌ها را در بردارد، درست است.

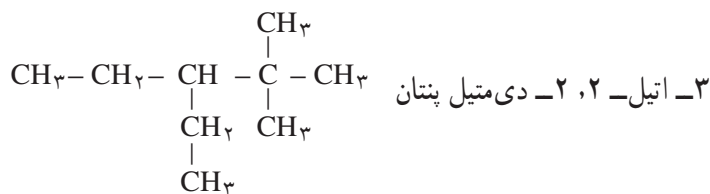
نکته‌ی دیگری که در این نامگذاری جلب توجه می‌کند، آن است که هرگاه روی یک اتم کربن دو شاخه فرعی یکسان (مثلاً دو گروه متیل) قرار بگیرد، عددی که شماره اتم کربن را مشخص می‌کند، دوباره تکرار می‌شود و میان هر یک از این دو عدد، ویرگول (،) قرار می‌گیرد. بین آخرین عدد و کلمه‌ی بعدی نیز، خط فاصله (–) می‌گذارند. مثال ۴– شماره‌گذاری و نامگذاری فرمول زیر را بررسی کنید.



نام : ۳– اتیل – ۴– متیل هگزان

نکته مهمی که در اینجا جلب توجه می‌کند، آن است که هرگاه بر روی زنجیر اصلی، دو گروه جانشینی متفاوت از نظر فاصله با انتهای زنجیر، مواضع معادلی اشغال کنند، شماره‌گذاری زنجیر اصلی از جهتی انجام می‌گیرد که به گروه مقدم (به ترتیب حروف الفبای لاتین) عدد کوچک‌تری تعلق بگیرد.

مثال ۵– به فرمول پیچیده‌ی زیر و نام آن توجه کنید :



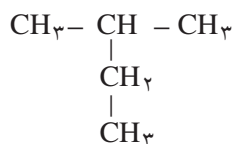
در نامگذاری این ماده، چند نکته جلب توجه می‌کند :

الف – اصول شماره‌گذاری رعایت شده است، زیرا اتم کربن شماره‌ی ۱، نزدیک‌ترین موقعیت را به شاخه‌ی متیل دارد.

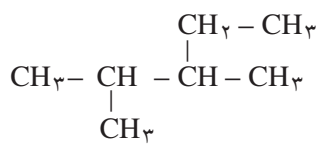
ب – اصول نامگذاری رعایت شده است. زیرا نام شاخه‌ی اتیل، مقدم بر شاخه‌ی متیل ذکر شده است.

ج – بین عددهای نماینده‌ی شماره اتم کربن در مورد شاخه‌های تکراری (متیل) ویرگول (،) و بعد از این عددها خط فاصله (–) قرار گرفته است.

**تمرین ۶– ۲–** هیدروکربن‌های زیر را نامگذاری کنید.



ب



الف



## ۴-۲- مروری بر فرمول و نام گروه‌های آلکیل

قبلاً با مفهوم گروه الکیل، مانند متیل -  $\text{CH}_3$ ، اتیل -  $\text{C}_2\text{H}_5$  و پروپیل -  $\text{C}_3\text{H}_7$  آشنا شده‌اید. این گروه‌ها را که در اصل حاصل جدا کردن یک اتم هیدروژن از آلکان مربوط است، به صورت  $\text{R}$  نشان می‌دهند و آن را بنیان آلکیل و یا بنیان  $\text{R}$  می‌گویند. از آنجا که فرمول عمومی آلکان‌ها  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  است، فرمول عمومی بنیان آلکیل و یا  $\text{R}$  برابر  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  است. بدیهی است که گروه آلکیل به تنهایی وجود ندارد. هرگاه گروه  $\text{R}$  با کلر ترکیب شود، ترکیب‌هایی همچون متیل کلرید  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ، اتیل کلرید  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$  (و یا  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ) و پروپیل کلرید  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$  پدید می‌آیند، که می‌توان فرمول کلی  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl}$  را تحت نام کلی کلرید آلکیل کلرید برای آن‌ها نوشت.

در مورد گروه  $\text{C}_3\text{H}_7$ ، گرچه پروپان  $\text{C}_3\text{H}_8$  فقط دارای یک ساختار مولکولی است (ایزومر ندارد)، ولی گروه پروپیل که از آن گرفته شده است، برحسب موقعیت اتم هیدروژن جدا شده، دارای دو نوع ایزومر با مشخصات مندرج در جدول ۲-۲ است.

جدول ۲-۲- مشخصات دو ایزومر گروه پروپیل

فرمول ساختاری	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}- \\   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   & &   \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$
نام معمولی	گروه پروپیل نرمال	گروه ایزوپروپیل
فرمول معمولی	$n - \text{C}_3\text{H}_7 -$	$\text{iso} - \text{C}_3\text{H}_7 -$
نام ایوپاک	۱- پروپیل	۲- پروپیل
فرمول متراکم	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2 -$	$\begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CH} - \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array} \quad \text{یا} \quad (\text{CH}_3)_2\text{CH} -$

خودآزمایی: از هیدروکربنی با فرمول مولکولی  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  چند گروه آلکیل مشتق می‌شود؟

## ۵-۲- انواع اتم کربن

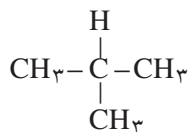
در برخی موارد، با ۴ واژه کربن نوع اول، کربن نوع دوم، کربن نوع سوم و کربن نوع چهارم روبرو می‌شویم که در این جا به تعریف آن‌ها می‌پردازیم:

**کربن نوع اول:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، فقط با یک اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع اول می‌نامند. برای مثال، در مولکول اتان  $\text{C}-\text{C}$ ، دو اتم کربن نوع اول وجود دارد؛ زیرا هر کربن به یک اتم کربن دیگر متصل است. (ضمناً اتم کربن در متان نیز استثنائاً نوع اول به شمار می‌رود).

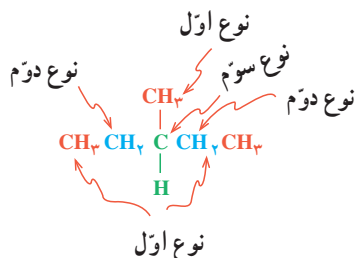
**کربن نوع دوم:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با دو اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را اتم کربن نوع دوم می‌نامند. برای مثال، در مولکول پروپان  $(-\text{C}-\text{C}-\text{C}-)$ ، اتم‌های کربن ۱ و ۳ از نوع اول و اتم کربن شماره ۲ از نوع دوم است.

**کربن نوع سوم:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با سه اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع سوم می‌نامند. برای

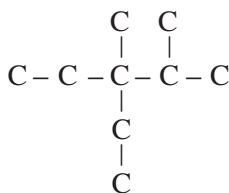
مثال، در مولکول متیل پروپان (و به عبارتی ۲-متیل پروپان)،



۳ اتم کربن نوع اول و یک اتم کربن نوع سوم وجود دارد.  
فعالیت: نام و نوع اتم‌های کربن را در مولکول زیر مشخص کنید.



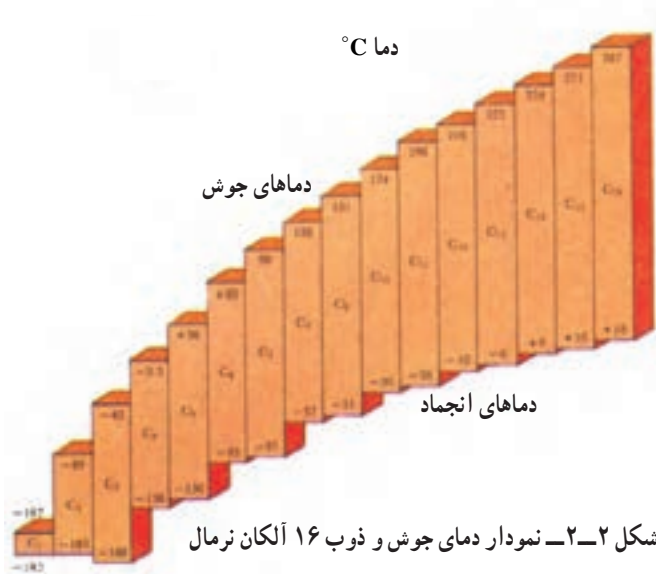
کربن نوع چهارم: هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع چهارم می‌نامند.  
برای مثال، در مولکول ۲،۲-دی‌متیل پروپان، چهار اتم کربن نوع اول، و یک اتم نوع چهارم وجود دارد.  
فعالیت - نوع اتم‌های کربن را در مولکول ۳-اتیل ۲،۳-دی‌متیل پنتان مشخص کنید.



## ۲-۶- خواص فیزیکی آلکان‌ها (هیدروکربن‌های سیرشده)

### ۱-۶-۲- دمای جوش و ذوب آلکان‌ها: آلکان‌ها،

تغییر تدریجی نسبتاً منظمی در خواص فیزیکی از خود نشان می‌دهند. در دمای اتاق، هومولوگ‌های سبک‌تر به صورت گاز یا مایع بی‌رنگ هستند، در صورتی که هومولوگ‌های سنگین‌تر جامداند. قبلاً دماهای جوش و ذوب ۸ آلکان نرمال اولیه (بدون شاخه) در جدول ۱-۲ ارائه شد. شکل نمودار ۲-۲ نیز این دماها را به صورت مجسم‌تری برای ۱۶ آلکان نرمال اولیه نشان می‌دهد.



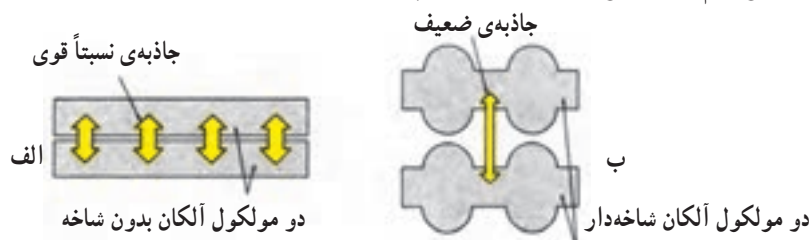
شکل ۲-۲- نمودار دمای جوش و ذوب ۱۶ آلکان نرمال

نمودار را بررسی کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

- ۱- گاز بوتان که بخش اصلی گاز مایع را تشکیل می‌دهد، در فشار یک جو، در چه دمایی ممکن است مایع شود؟ چنانچه آن را در کیسول گاز تحت فشار وارد کنند، آیا زودتر یا دیرتر مایع می‌شود؟ چرا؟
- ۲- بخش اعظم گاز طبیعی که در شبکه‌ی لوله‌کشی بسیاری شهرها و روستاهای ایران جریان دارد، متان و مقداری نیز اتان است. چرا این گاز را نیز، مانند بوتان در استوانه تحت فشار به صورت گاز مایع پخش نمی‌کنند؟
- ۳- هرگاه بدانید که بنزین، شامل مولکول‌های  $C_8$  تا  $C_{10}$  است، حدود تقریبی دمای جوش بنزین چقدر است؟ (منظور از چه دمایی تا چه دمایی؟)
- ۴- هرگاه بدانید که نفت سفید مخلوطی از مولکول‌های  $C_9$  تا  $C_{16}$  است، اولاً حدود تقریبی دمای جوش آن چقدر است؟ ثانیاً چرا روشن کردن نفت سفید با یک چوب کبریت، دیرتر از بنزین صورت می‌گیرد؟
- ۵- نظام کلی مشاهده شده در مورد رابطه‌ی دماهای جوش با اندازه‌ی مولکول‌های آلکان‌ها و وزن آن‌ها چیست؟
- ۶- میانگین افزایش دمای جوش، به ازای افزایش یک اتم کربن در مولکول آلکان‌های  $C_8$  تا  $C_{12}$  چقدر است؟
- ۷- با توجه به نمودار صفحه قبل، آیا می‌توان پیش‌بینی کرد که نفت سفید در یک روز زمستانی بسیار سرد ایران، منجمد شود یا نه؟ هگزان چگونه؟

**۲-۶-۲- نیروهای جاذبه‌ی و اندروالسی میان مولکول‌های آلکان‌ها:** مولکول‌های آلکان‌ها، معمولاً غیر قطبی هستند، بنابراین در حالت مایع و جامد، نیروهای جاذبه ضعیف و اندروالسی از نوع لاندن میان مولکول‌های آن‌ها برقرار است. در شیمی عمومی، آموخته‌اید که هرچه برحجم و وزن مولکول‌ها افزوده شود، سطح تماس میان آن‌ها بیشتر شده، بر میزان نیروهای جاذبه و اندروالسی افزوده می‌شود. نتیجه آن که این مولکول‌ها نیاز به کسب انرژی گرمایی بیشتری دارند تا از حالت مایع به حالت گازی تبدیل شوند، و یا از حالت جامد به حالت مایع بروند. یک مورد کاربرد برای این نظام، آن است که هرچه مولکول آلکان مایع کوچک‌تر و سبک‌تر باشد (مانند بنزین)، فشار بخار و فراریت آن بیشتر است. (بنزین خیلی زودتر از نفت سفید تبخیر می‌شود). به همین دلیل، برخطرات نگهداری آلکان‌های سبک در منزل و کارگاه افزوده می‌شود. تبخیر سریع بنزین در فضای بسته، مخلوط قابل انفجاری با هوا پدید می‌آورد که فقط در انتظار یک جرقه کوچک است!

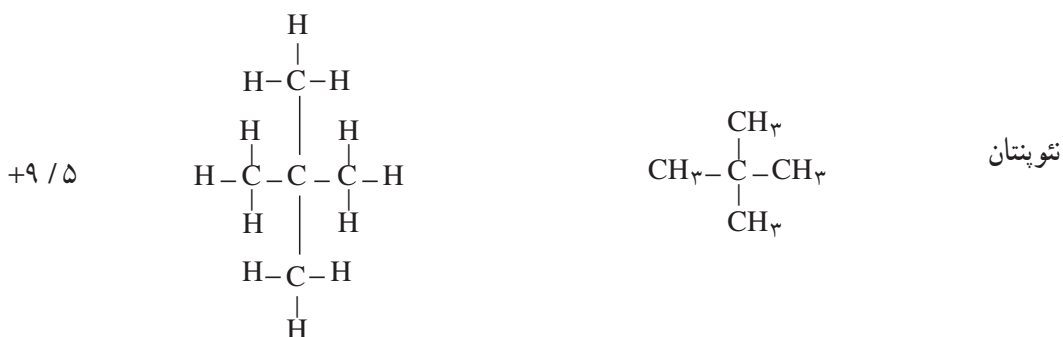
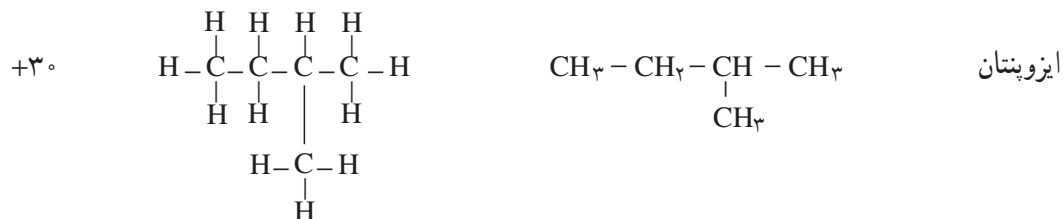
**۲-۶-۳- مقایسه‌ی دمای جوش یک آلکان نرمال با دمای جوش ایزومر شاخه‌دار آن:** نکته مهمی را که باید در مورد دماهای جوش هیدروکربن‌ها یادآور شویم، آن است که هرچه بر تعداد شاخه‌های فرعی مولکول آلکان افزوده شود، به احتمال زیاد، دمای جوش آن پایین می‌آید. شکل ۲-۳-الف، الگویی برای نمایش دو مولکول آلکان نرمال (مثلاً  $n$ - بوتان) را نشان می‌دهد. به علت نبود شاخه، امکان تماس اتم‌ها در دو زنجیر مجاور بیشتر است. بنابراین، بر نیروهای جاذبه و اندروالسی افزوده می‌شود و دمای جوش آلکان اندکی بالا می‌رود. شکل ۲-۳-ب، الگویی برای نمایش دو مولکول آلکان شاخه‌دار است. در این جا فاصله‌ی میان مولکول‌های مجاور بیشتر است و از نیروهای جاذبه و اندروالسی و دمای جوش کاسته می‌شود. برای اطمینان یافتن از صحت این نظام، آن را در مورد ایزومرهای پنتان امتحان می‌کنیم. پیش‌بینی ما این است که هرچه بر تعداد شاخه‌ها افزوده شود، دمای جوش پایین می‌آید.



شکل ۲-۳- اتم‌ها در زنجیرهای بدون شاخه‌ی مجاور، خیلی به یکدیگر نزدیک هستند و در

زنجیرهای شاخه‌دار، اندکی دورتر قرار می‌گیرند.

نام فرمول	فرمول متراکم	فرمول ساختاری	دمای جوش (°C)
-----------	--------------	---------------	---------------



دماهای جوش که به طریق تجربی به دست آمده، صحت پیش بینی ما را تأیید می‌کند.

**تمرین ۷-۲-** نام ایوپاک هر یک از این ایزومرها چیست؟

یادآوری درباره‌ی تعداد ایزومرها در آلکان‌ها - قبلاً دیده شد که پروپان، ایزومر ندارد. بوتان، ۲ ایزومر و پنتان، ۳ ایزومر ساختاری دارد. هرچه بر تعداد اتم‌های کربن در مولکول، افزوده شود، بیشتر بر تعداد ایزومرها افزوده می‌شود. برای مثال  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ، ۵ ایزومر،  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ، ۱۸ ایزومر،  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ ، ۷۵ ایزومر و  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ ، ۳۶۶۳۱۹ ایزومر! دارند.

**۴-۶-۲- حل شدن آلکان‌ها در حلال‌ها:** به طور کلی، قاعده‌ی «قطبی در قطبی و غیرقطبی در غیر قطبی حل می‌شود»

کم و بیش، صدق می‌کند. مولکول‌های آلکان‌ها، غیرقطبی هستند. بنابراین در آب که یک مایع قطبی است، حل نمی‌شوند. (نفت در آب حل نمی‌شود)؛ ولی این مولکول‌ها در حلال‌های غیرقطبی، کم و بیش حل می‌شوند (بنزین در نفت حل می‌شود، قیر نیز در نفت حل می‌شود).

**تمرین ۸-۲-** به جدول ۱-۲ رجوع کنید. چه نوع نظام قابل قبول از نظر روند تغییر چگالی در آلکان‌ها به چشم می‌خورد؟

**تمرین ۹-۲-** چرا تفکیک نفت از آب، به وسیله‌ی قیف جداکننده به آسانی انجام می‌گیرد؟ دو دلیل ارائه دهید.

## ۷-۲- خواص شیمیایی آلکان‌ها

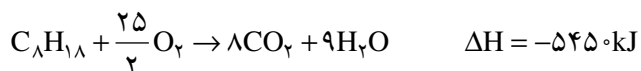
آلکان‌ها با اغلب واکنش‌گرها واکنش ندارند. به دلیل عدم تمایل آلکان‌ها برای شرکت در اغلب واکنش‌های شیمیایی در شرایط عادی، آن‌ها را هیدروکربن‌های پارافینی و به طور کلی، پارافین<sup>۱</sup> می‌نامند. یک آلکان با سولفوریک اسید غلیظ، نیتریک اسید،

۱- PARAFFIN از دو واژه‌ی لاتین PARUM به معنی کم و AFFINIS به معنی فعالیت است.

سدیم هیدروکسید و پتاسیم پرمنگنات واکنش ندارد. با وجود این، آلکان‌ها مواد کاملاً بی‌اثری نیستند و از دو ویژگی مهم قابلیت سوختن و ترکیب با هالوژن‌ها برخوردارند.

### ۱-۷-۲- سوختن آلکان‌ها در هوا یا اکسیژن: آلکان‌ها به آسانی و به کمک شعله در هوا می‌سوزند. واکنش به شدت

گرماده است. به همین دلیل، آلکان‌ها مهم‌تر منبع سوخت و تولید انرژی هستند. واکنش سوختن اکتان نرمال که بخش عمده‌ی بنزین را تشکیل می‌دهد، به قرار زیر است:



سوختن هومولوگ‌های سبکتر مانند گاز مایع و یا سنگین‌تر مانند نفت سفید نیز، به همین شیوه است.

گرمای مولی و گرمای سوختن یک گرم از سوخت‌ها: از آنجا که گرمای سوختن اکتان،  $545^\circ$  کیلوژول بر مول است،

می‌توان گرمای سوختن یک گرم آن را حساب کرد.

$$C_8H_{18} = 8 \times 12 + 18 = 114 \text{ گرم}$$

$$\text{گرم } 114 \quad 545^\circ \text{ کیلوژول}$$

$$\text{گرم } 1 \quad x = 47/8 \text{ کیلوژول}$$

### تمرین ۱-۲- هرگاه چگالی نوعی بنزین با این فرض که همه‌ی آن از اکتان تشکیل شده باشد، برابر $0.7^\circ$ گرم بر سانتی‌متر

مکعب باشد، گرمای سوختن یک لیتر بنزین را حساب کنید.

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow 0.7 = \frac{1}{V}$$

$$V = \frac{1}{0.7} = 1/43 \text{ سانتی‌متر مکعب حجم یک گرم بنزین}$$

$$1/43 \text{ ml} \rightarrow 47/8 \text{ کیلوژول گرما}$$

$$1000 \text{ ml} \rightarrow x = 33426 \text{ kj گرمای سوختن یک لیتر بنزین}$$

جدول ۲-۳، گرمای سوختن یک مول، هم‌چنین گرمای سوختن یک گرم از ۸ نوع آلکان را نشان می‌دهد.

۱- از آنجا که بنزین معمولی فقط اکتان نیست و شامل مولکول‌های دیگری نیز هست، ارزش گرمایی یک لیتر بنزین عملاً به حدود  $348^\circ$  کیلوژول می‌رسد.

جدول ۳-۲- گرمای سوختن مولی و گرمای سوختن یک گرم از چند آلکان

گرمای سوختن مولی (kJ/mol)	گرمای سوختن یک گرم (kJ/g)	فرمول مولکولی	هیدروکربن
۸۱۰	۵۰/۶	CH <sub>۴</sub>	متان
۱۵۶۰	۵۲	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub>	اتان
۲۲۰۰	۵۰	C <sub>۳</sub> H <sub>۸</sub>	پروپان
۲۸۵۹	۴۹/۳	C <sub>۴</sub> H <sub>۱۰</sub>	بوتان
۳۵۱۰	۴۸/۸	C <sub>۵</sub> H <sub>۱۲</sub>	پنتان
۴۱۴۱	۴۸/۲	C <sub>۶</sub> H <sub>۱۴</sub>	هگزان
۴۸۱۷	۴۸/۲	C <sub>۷</sub> H <sub>۱۶</sub>	هپتان
۵۴۵۰	۴۷/۸	C <sub>۸</sub> H <sub>۱۸</sub>	اکتان

**تمرین ۱۱-۲-** چه نوع نظام تقریبی در مقدار گرمای سوختن یک گرم از انواع سوخت‌های ارائه شده در جدول، دیده می‌شود؟ (به جدول بالا نگاه کنید).

**تمرین ۱۲-۲-** به طور تقریباً با افزایش هر -CH<sub>۲</sub>- از یک هومولوگ به هومولوگ بعدی، تا چه اندازه به گرمای مولی هیدروکربن افزوده می‌شود؟ (به جدول بالا نگاه کنید)

**تمرین ۱۳-۲-** به نظر شما، کدام هیدروکربن، بهترین سوخت است؟ شرایط را توضیح دهید.

چند تمرین حل شده

**تمرین ۱۴-۲-** چگالی به حالت بخار یک هیدروکربن سیرشده نسبت به هوا برابر ۲ است. وزن مولکولی و فرمول مولکولی هیدروکربن را معین کنید.

حل - به یاد دارید که چگالی بخار یک ماده نسبت به هوا، از رابطه‌ی  $d = \frac{M}{۲۹}$  به دست می‌آید. پس می‌توان نوشت:

$M = ۲۹d$ ، از آنجا  $M = ۲۹ \times ۲ = ۵۸$ . بنابراین، وزن مولکولی هیدروکربن، برابر ۵۸ گرم است. از طرفی فرمول عمومی هیدروکربن‌های سیرشده به صورت  $C_nH_{۲n+۲}$  نوشته می‌شود. یعنی هر مولکول گرم آن‌ها شامل  $n$  اتم کربن و به عبارتی  $۱۲n$  گرم کربن است. هم‌چنین این هیدروکربن، شامل « $۲n+۲$ » اتم هیدروژن، و به عبارتی  $۲n+۲$  گرم از این عنصر می‌باشد. پس، وزن مولکولی آن برابر  $۱۲n+۲n+۲$  است. یعنی  $۱۴n+۲$  گرم می‌شود، و می‌توان نوشت:

$$۱۴n+۲ = ۵۸ \rightarrow ۱۴n = ۵۶ \rightarrow n = \frac{۵۶}{۱۴} = ۴$$

در نتیجه، فرمول مولکولی هیدروکربن سیرشده‌ی مورد نظر به صورت  $C_۴H_{۱۰}$ ، که نماینده‌ی بوتان است.

**تمرین ۱۵-۲-** آزمایش نشان داده است که یک لیتر از بخار یک هیدروکربن سیرشده در شرایط استاندارد، ۱/۹۷ گرم وزن دارد. وزن مولکولی و فرمول مولکولی آن را معین کنید.

حل - وزن یک مولکول گرم از این هیدروکربن، یعنی وزن ۲۲/۴ لیتر آن در شرایط دما و فشار استاندارد، برابر

$M = 22/4 \times 1/97 \cong 44$  می شود. پس می توان نوشت :

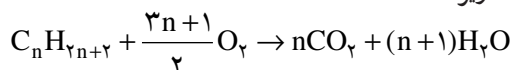
$$C_nH_{2n+2} = 14 + 2 = 44$$

$$14n = 42, \quad n = 3$$

بنابراین، فرمول مولکولی هیدروکربن مزبور  $C_3H_8$  است. (گاز پروپان)

**تمرین ۱۶-۲** از سوختن کامل ۱/۱۲ لیتر بخار یک هیدروکربن سیرشده در شرایط دما و فشار استاندارد، ۱۱ گرم  $CO_2$  تولید می شود. فرمول مولکولی هیدروکربن را معین کنید.

حل — فرمول عمومی سوختن هیدروکربن های سیرشده به صورت زیر است :



به طوری که ملاحظه می شود، از سوختن کامل هر مول هیدروکربن ( $22/4$  لیتر در شرایط استاندارد)،  $n$  مول کربن دی اکسید

( $n \times 44$  گرم) به دست می آید، پس می توان نوشت :

$C_nH_{2n+2}$ لیتر $22/4$	$CO_2$ «گرم $n \times 44$ »
لیتر $1/12$	گرم $11$

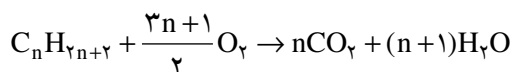
با حل این تناسب، خواهیم داشت :

$$1/12 \times 44n = 22/4 \times 11 \rightarrow n = \frac{22/4 \times 11}{1/12 \times 44} = 5$$

یعنی هیدروکربن مورد نظر، پنتان  $C_5H_{12}$  است.

**تمرین ۱۷-۲** یک هیدروکربن سیرشده به حالت گاز، ۸ برابر حجم خود اکسیژن برای سوختن کامل لازم دارد. فرمول

مولکولی این هیدروکربن را معین کنید.



$\frac{\text{حجم هیدروکربن (لیتر)}}{22/4}$	$\frac{\text{حجم } O_2 \text{ (لیتر)}}{22/4 \times \frac{3n+1}{2}}$
(حجم یک مول در شرایط استاندارد)	۸
۱	۸

پس می توان نوشت،

$$\frac{3n+1}{2} \times 22/4 = 8 \times 22/4$$

و از آنجا،  $3n+1=16$  و یا  $n=5$

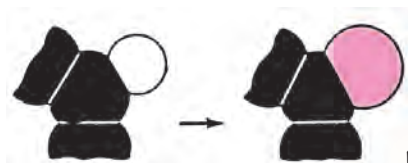
هیدروکربن مورد آزمایش، پنتان است.

**۲-۷-۳ واکنش های جانشینی در آلکان ها :** در یک واکنش جانشینی، یک اتم (یا مجموعه ای از اتم ها) از مولکول

اولیه جدا شده، و اتمی دیگر (یا مجموعه ای از اتم ها) جانشین آن می شود. اتم جایگزین شده در آلکان ها، هیدروژن است. شکل

۲-۴، خروج یک اتم هیدروژن (سفید) و جانشین شدن آن به وسیله یک اتم کلر

(سرخ) را به نمایش می گذارد.



شکل ۲-۴ — نمایشی برای یک واکنش جانشینی در آلکان ها

شرح تفصیلی این واکنش و چگونگی آن را در مبحث بعدی «کلردار کردن متان» خواهید دید.

## ۸-۲- گاز متان

متان، ساده‌ترین ترکیب آلی و نخستین عضو خانواده‌ی آلکان‌هاست. با مطالعه‌ی خواص متان، به اغلب خواص دیگر هومولوگ‌های آلکان‌ها پی می‌بریم.

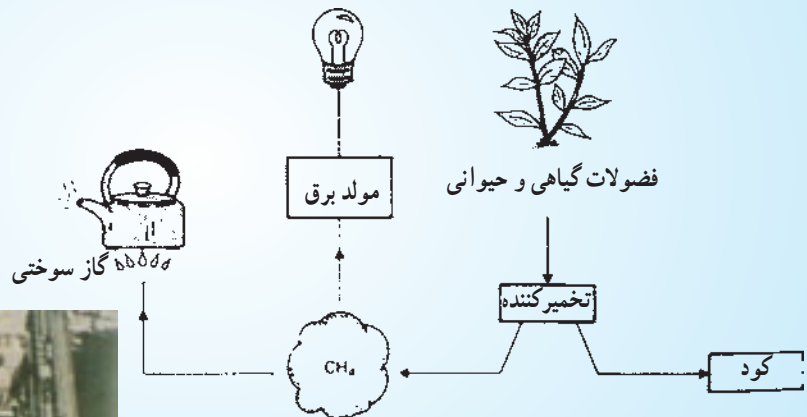
### ۸-۲-۱- وجود در طبیعت و تولید آن: متان در حدود ۸۵ درصد گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد (در حدود ۱۰ درصد

نیز گاز اتان و بقیه پروپان، بوتان و اندکی نیتروژن است). نسبت متان و گازهای حاصل از تقطیر زغال سنگ در صنعت کک‌سازی، ممکن است از ۵۰ درصد تجاوز کند. چون متان، محصول نهایی تجزیه و تخمیر گیاهان در غیاب هواست، از این رو در معادن زغال سنگ و در سطح مرداب‌ها مشاهده می‌شود. به همین علت، گاهی آن را گاز مرداب<sup>۱</sup> می‌نامند. بخش اعظم زیست گاز<sup>۲</sup> که حاصل تخمیر فضولات گیاهی، جانوری و مواد قابل تخمیر فاضلاب‌هاست، از متان تشکیل شده است.

### مطالعه‌ی آزاد



هم‌اکنون، صنعت تولید زیست گاز به عنوان یک منبع تولید انرژی، و در عین حال، پاک‌کننده‌ی رو به گسترش محیط زیست است. شکل ۲-۵ شمای ساده‌ی تهیه زیست گاز را نشان می‌دهد. مهم‌تر بخش تأسیسات تهیه آن دستگاه تخمیر است که مواد تخمیر شدنی را دور از هوا تحت تأثیر باکتری‌های ویژه قرار می‌دهند. ماده جامد باقیمانده را به عنوان کود سرشار از نیتروژن مورد استفاده قرار می‌دهند، شکل ۲-۶- نیز منظره‌ی هوایی، از یک تأسیسات بزرگ تولید زیست گاز از فاضلاب شهری است.



شکل ۲-۵- شمای ساده‌ای برای تولید مصرف زیست گاز



شکل ۲-۶- تأسیسات بزرگ تولید زیست گاز از فاضلاب شهری



۲-۸-۲- برخی خواص فیزیکی گاز متان: متان، گازی بی رنگ، بی بو و از هوا سبکتر است. سنگینی آن نسبت

به هوا،  $d = \frac{M}{29} = \frac{16}{29}$  است. مولکول متان غیرقطبی است و نیروهای جاذبه موجود میان مولکول‌های آن، در حالت مایع و جامد، از

نوع نیروهای واندروالسی لاندن است. به علت کوچکی زیاد مولکول متان، این نیروها ناچیز بوده، از این رو دمای جوش و ذوب آن بسیار پایین است و با اندکی انرژی گرمایی، می‌توان متان جامد را ذوب یا تبخیر کرد. بدیهی است که مایع کردن چنین گازی دشوار است. و به همین دلیل، تأسیسات مایع کردن متان و گاز طبیعی برای حمل و نقل صادراتی از طریق کشتی، بسیار پرهزینه است. متان، در آب حل نمی‌شود. چرا؟

شکل مولکول متان (شکل سه‌بُعدی در فضا): همان طور که دانستید، متان از پیوند یافتن یک اتم کربن با چهار اتم هیدروژن از طریق ۴ جفت الکترون مشترک پدید می‌آید. در مطالعات قبلی خود در شیمی عمومی نیز، آموخته‌اید که جفت الکترون‌های مشترک موجود در لایه‌ی ظرفیت اتم مرکزی یک مولکول، نقش مهمی در تعیین شکل آن مولکول دارند. برای رسیدن به یک الگوی نشاندهنده‌ی ساختار فضایی مولکول متان، به جاست که مفهوم نامبرده را بتدریج و مطابق شکل ۲-۷ بررسی کنیم. این شکل، نتایج سه آزمایش را با بادکنک‌های کوچک و نازک نشان می‌دهد. درصدد باشید که آن‌ها را در منزل انجام دهید.



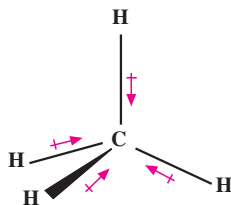
شکل ۲-۷

در این آزمایش‌ها، دو، سه و چهار بادکنک کوچک را از سر آن‌ها به کمک یک رشته‌ی نخ کوتاه گره بزنید و روی قالی یا موکت بکشید تا بارالکتریکی به خود بگیرند. آنگاه آن‌ها را رها کنید. می‌بینید که دو بادکنک در امتداد یک خط مستقیم قرار می‌گیرند و زاویه میان دو محور طولی آن‌ها  $180^\circ$  است. سه بادکنک نیز، روی یک سطح قرار می‌گیرند که زاویه میان محورهای آن‌ها  $120^\circ$  است. چهار بادکنک نیز در فضا به شکل یک هرم یا چهاروجهی منتظم درآمد که زاویه در این مورد  $109^\circ, 28'$  است. علت این سمت‌گیری‌ها در فضا، آن است، که بارهای الکتریکی همنام تا آنجا که ممکن است درصدد هستند که از یکدیگر دور باشند. با تحقق این وضعیت، پایداری به حداکثر ممکن می‌رسد.

زاویه‌های نامبرده میان محور بادکنک‌ها، چنین شرایطی را از لحاظ پایداری فراهم می‌کنند.

در مولکول  $CH_4$  نیز هرگاه چهار جفت الکترون لایه‌ی ظرفیت (چهار بارالکتریکی همنام) در راستای زاویه‌های  $109^\circ, 28'$  قرار بگیرند، حداکثر فاصله‌ی ممکن را از هم خواهند داشت، و مولکول به حداکثر پایداری خود می‌رسد. بنابراین، مولکول متان، مطابق شکل ۲-۸، به صورت یک چهاروجهی منتظم است، که اتم کربن در مرکز، و چهار اتم هیدروژن در چهار گوشه‌ی آن قرار دارند. غیرقطبی بودن مولکول متان، بهترین دلیل بر ساختار منتظم و متقارن آن است. می‌دانیم که هر یک از پیوندهای چهارگانه‌ی C-H در این مولکول، قطبی است، زیرا الکترونگاتیوی کربن  $2/5$  و هیدروژن  $2/1$  است. بنابراین، جفت‌الکترون مشترک در این پیوند، مطابق شکل ۲-۹، اندکی به سوی اتم کربن کشیده می‌شود. به عبارت دیگر، سر کربنی پیوند اندکی منفی و سر هیدروژنی آن

اندکی مثبت است. شکل چهاروجهی منتظم این مولکول، موجب می شود که مرکز بارهای مثبت، روی مرکز بارهای منفی منطبق شود و مولکول رویهم رفته غیرقطبی باشد.



شکل ۸-۲- مولکول متان، پیوندها قطبی و مولکول غیرقطبی است.

## مطالعه‌ی آزاد



مروری بر مدل‌های گوناگون برای نمایش شکل فضایی متان قبلاً با چگونگی نمایش فرمول الکترون نقطه‌ای و فرمول ساختاری مولکول متان آشنا شدید. این دو الگو، تا حدودی برای ترسیم ساختار مولکول متان روی کاغذ مناسب هستند.

الگوی گلوله و میله (یا گلوله و فنر): در این مدل، مطابق شکل ۹-۲- الف، اتم‌های کربن و هیدروژن را به صورت گلوله با اندازه و رنگ‌های مختلف نشان می‌دهند و پیوندهای موجود میان آن‌ها را نیز به صورت فنر یا میله ارائه می‌دهند. در این جا زوایای پیوندی با مقدار واقعی مطابقت دارند. از این الگو، بیشتر برای نشان دادن آرایش فضایی اتم‌ها در مولکول استفاده می‌شود.



ب



الف

شکل ۹-۲- الگوی گلوله و فنر (الف) و مدل بهم فشرده (ب) برای نمایش مولکول متان

الگوی به هم فشرده: در این مدل (شکل ۹-۲- ب)، که ممکن است از جنس پلاستیک ساخته شود:

الف - شعاع اتم‌ها را متناسب با شعاع واقعی آن‌ها انتخاب می‌کنند.

ب - زوایای پیوندی را با مقدار واقعی در مولکول مطابقت می‌دهند.

ج - طول نسبی پیوند را نیز رعایت می‌کنند.

با آشنا شدن با شکل فضایی مولکول متان و زوایای پیوندی آن، می‌توان کم و بیش به شکل فضایی هومولوگ‌های سنگین‌تر آن پی برد. شکل ۱۰-۲- ب، الگوهای گلوله و فنر و فضا پرکن را برای مولکول‌های متان، اتان و پروپان به معرض نمایش می‌گذارد.



متان



اتان

(الف)



پروپان



متان



اتان

(ب)



پروپان

شکل ۱۰-۲- الگوهای گلوله و فتر (الف) و به هم فشرده (ب) برای مولکول‌های متان، اتان و پروپان

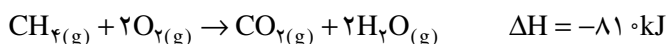
همان طور که قبلاً گفته شد همه‌ی زوایای پیوندی  $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ ،  $\text{H}-\text{C}-\text{C}$ ،  $\text{C}-\text{C}-\text{C}$  کم و بیش در حدود  $109.5^\circ$

است.

### ۳-۸-۲- خواص شیمیایی متان: با توجه به خواص شیمیایی آلکان‌ها، می‌توان پیش‌بینی کرد و مهم‌تر خواص شیمیایی

گاز متان، سوختن و واکنش جانشینی با کلر است.

**الف - سوختن متان:** مخلوط یک حجم متان و دو حجم اکسیژن، به کمک شعله یا جرقه منفجر می‌شود. به همین دلیل، گاهی در برخی معادن زغال سنگ، به علت بی‌احتیاطی و عدم رعایت نکات ایمنی، انفجارهایی صورت می‌گیرد و خسارت‌های جانی و مالی فراوان وارد می‌سازد. از سوختن متان، مقداری گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب، و از همه مهم‌تر، مقدار قابل توجهی گرما تولید می‌شود. گرمای مولی سوختن متان، در حدود  $810^\circ$  کیلوژول است. به عبارت دیگر این مقدار گرما از سوختن یک مول از گاز متان به وزن  $16$  گرم به دست می‌آید.

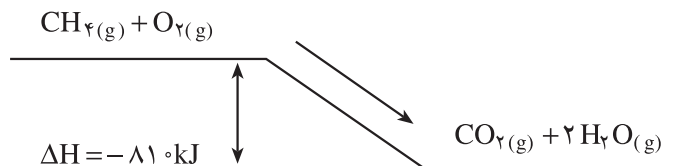


### چگونگی محاسبه‌ی مقدار گرمای سوختن متان با استفاده از جدول انرژی‌های پیوندی<sup>۱</sup>

سوختن متان، نوعی واکنش میان گاز متان و اکسیژن است. بنابراین، برای محاسبه‌ی گرمای سوختن این گاز، از همان اصول کلی محاسبه گرمای واکنش - که در مباحث شیمی عمومی آموخته‌اید - استفاده می‌کنید. این گرما حاصل تفاوت میان انرژی شیمیایی مواد اولیه (یک مول متان و ۲ مول اکسیژن)، و محصول واکنش (یک مول کربن دی‌اکسید و ۲ مول بخار آب) به دست می‌آید. سطح

۱- جدول انرژی‌های پیوندی با واحدهای کیلوژول بر مول و کیلوکالری بر مول در پیوست آخر کتاب ارائه شده است.

انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد اولیه بالاتر از سطح انرژی محصولات واکنش است. تفاوت این دو سطح، و به عبارتی مجموع انرژی ذخیره شده در محصول‌های عمل، به اندازه‌ی ۸۱۰ کیلوژول کمتر از مجموع انرژی ذخیره شده در مواد اولیه است (شکل ۱۱-۲). به همین دلیل، با انتقال از مواد اولیه به محصول‌های عمل، مازاد انرژی معمولاً به صورت گرما ظاهر می‌شود. همان‌طور که آموخته‌اید، رابطه‌ی مناسب برای محاسبه‌ی گرمای واکنش، به قرار زیر است.



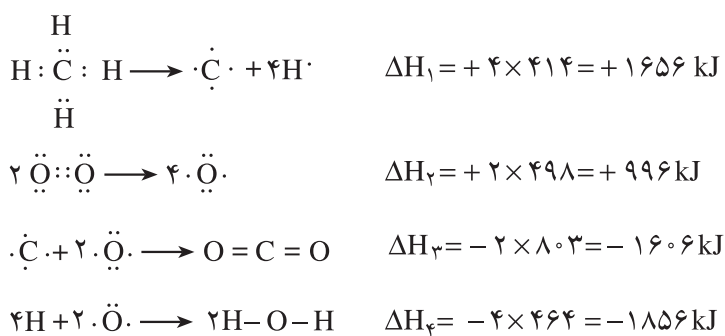
شکل ۱۱-۲

مجموع انرژی‌های پیوندی در محصولات عمل - مجموع انرژی‌های پیوندی در مواد اولیه =  $\Delta H_{\text{واکنش}}$

برای بی‌بردن به انرژی‌های پیوندی، به جدول مربوط رجوع می‌کنیم و داده‌های زیر را از آن به دست می‌آوریم:

- میانگین انرژی مصرف شده برای شکستن هر یک از پیوندهای C-H در  $\text{CH}_4$ ، برابر  $\Delta H_1 = +414 \text{ kJ}$  است.
- انرژی پیوندی مصرف شده برای شکستن پیوند  $\text{O}=\text{O}$  در مولکول  $\text{O}_2$ ، برابر  $\Delta H_2 = +498 \text{ kJ}$  است.
- انرژی پیوندی آزاد شده از تشکیل هر یک از پیوندهای  $\text{C}=\text{O}$  در مولکول  $\text{CO}_2$ ، برابر  $\Delta H_3 = -803 \text{ kJ}$  است.
- انرژی پیوندی آزاد شده از تشکیل هر یک از پیوندهای  $\text{O}-\text{H}$  در مولکول  $\text{H}_2\text{O}$ ، برابر  $\Delta H_4 = -464 \text{ kJ}$  است.

توجه شود که ساختار مولکول  $\text{CO}_2$  به صورت  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$  است و دارای ۲ پیوند  $\text{C}=\text{O}$  می‌باشد. هم‌چنین ساختار مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  به صورت  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$  بوده و دارای ۲ پیوند  $\text{O}-\text{H}$  است.



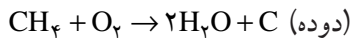
انرژی واکنش، درحقیقت جمع جبری انرژی‌های مصرف شده و آزاد شده است. مطابق رابطه‌ی،

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{واکنش}} &= (\Delta H_1 + \Delta H_2) + (\Delta H_3 + \Delta H_4) \\ &= (+1656 + 996) + (-1606 - 1856) \end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = -810 \text{ kJ}$$

چنان‌که ملاحظه می‌شود، سوختن متان، یک واکنش گرماده است که در آن، واکنش مقداری انرژی از دست می‌دهد و به همین علت  $\Delta H$  منفی است.

سوختن ناقص متان: از سوختن ناقص متان در هوای محدود، دوده<sup>۱</sup> تولید می‌شود.

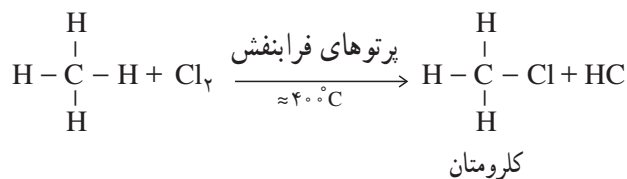


بیش از ۹۰ درصد دوده، در صنایع لاستیک‌سازی به کار می‌رود. دوده، هم‌چنین در تهیهٔ مرکب چاپ، پلاستیک‌های سیاه‌رنگ، تهیهٔ رنگ‌ها، لعاب‌ها و واکس سیاه کاربرد دارد.

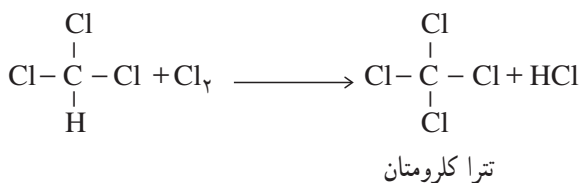
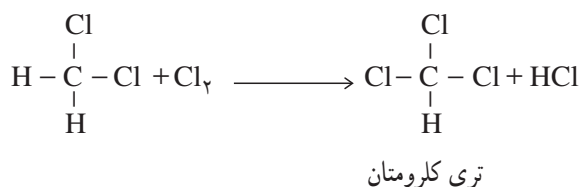
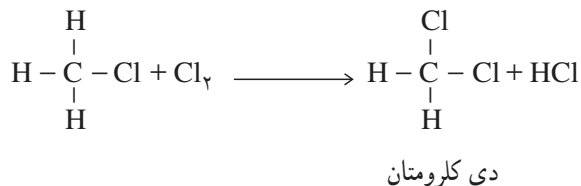
ب- کلردار کردن متان (کلراسیون متان): پس از واکنش سوختن آلکان‌ها که یکی از مهمترین منابع انرژی برای انسان است، هالوژن‌دار کردن آلکان‌ها (هالوژناسیون آلکان‌ها) نیز، هم از نظر علمی و هم از نظر تأمین برخی فرآورده‌های صنایع شیمیایی از اهمیت زیادی برخوردار است. مواد حاصل از هالوژندار کردن آلکان‌ها، هالوآلکان و یا آلکیل هالید نام دارند. مثال ساده هالوژن‌دار کردن آلکان‌ها، کلردار کردن متان است.

مخلوط گاز متان و کلر در تاریکی و در دمای معمولی با هم هیچ‌گونه واکنشی نمی‌دهند. ولی هرگاه این مخلوط را تا دمای نزدیک به  $40^\circ\text{C}$  گرما دهیم، و یا این‌که آن را در معرض پرتوهای فرابنفش با طول موج مناسب قرار دهیم، بتدریج از شدت رنگ زرد مایل به سبز کلر کاسته می‌شود و واکنش شدیدی میان این دو گاز انجام می‌گیرد. نخستین ماده‌ای که از این واکنش به دست می‌آید، کلرومتان و یا کلریدمتیل است.

در تشکیل این ماده، یک اتم هیدروژن از متان جدا می‌شود، و یک اتم کلر جانشین آن می‌گردد. این واکنش را واکنش جانشینی می‌نامند. مادهٔ دیگر حاصل در این واکنش، گاز هیدروژن کلرید است.



ولی این واکنش جانشینی در این‌جا متوقف نمی‌شود و معمولاً به صورت زیر ادامه پیدا می‌کند.



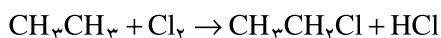
می‌توان زنجیره‌ی واکنش‌های متوالی متان و کلر را به صورت ساده شده‌ی زیر نشان داد :



تتراکلرومتان      تری کلرومتان      دی کلرومتان      کلرومتان

یا کلرین تتراکلرید      یا کلروفرم      یا متیلن دی کلرید<sup>۱</sup>      یا متیل کلرید

محصول عملی واکنش میان متان و کلر، مخلوطی از چهار ماده‌ مزبور است که هریک کاربردهای مهمی در شیمی صنعتی دارند. چون دماهای جوش این مواد متفاوت است، می‌توان آن‌ها را به روش تقطیر جزء به جزء، از یکدیگر جدا کرد. گاز کلر با هیدروکربن‌های دیگر نیز، به همین شیوه واکنش جانشینی انجام می‌دهد. برای مثال، واکنش آن با گاز اتان در مرحله‌ی اول، به قرار زیر است :



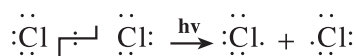
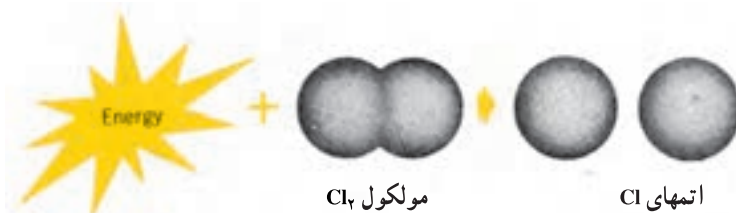
کلراسیون اتیل کلرید حاصل در مراحل بعدی ادامه پیدا می‌کند

چگونگی واکنش کلردار کردن متان: واقعیت آن است که واکنش هالوژن‌دار کردن متان و سایر آلکان‌ها، خیلی پیچیده‌تر از آن است که در معادله‌های قبلی توصیف شد. برای پی بردن به چگونگی این واکنش و نقش پرتوهای فرابنفش یا افزایش دما در این عمل، به جاست مطالعه‌ی خود را با پرسش‌هایی مانند زیر آغاز کنیم :

چگونه، مولکول متان به مولکول متیل کلرید تبدیل می‌شود؟ آیا این تبدیل، طی یک مرحله صورت می‌گیرد یا از مراحل مختلفی می‌گذرد؟ اگر واکنش، چند مرحله‌ای است، این مراحل کدامند؟ بالاخره نقش پرتوهای فرابنفش یا گرما در این واکنش چگونه است؟ پاسخ دادن به این پرسش‌ها در حقیقت توصیفی برای مراحل گام به گام واکنش است، که این مراحل، مکانیسم واکنش<sup>۲</sup> نام دارد.

برای آغاز واکنش کلر با متان، در ابتدا باید پیوندی شکسته شود. جدول انرژی‌های پیوندی – که در پیوست‌های آخر کتاب ارائه شده است – نشان می‌دهد که انرژی لازم برای گسستن پیوند C-H خیلی بیشتر از انرژی لازم برای شکستن پیوند Cl-Cl می‌باشد.

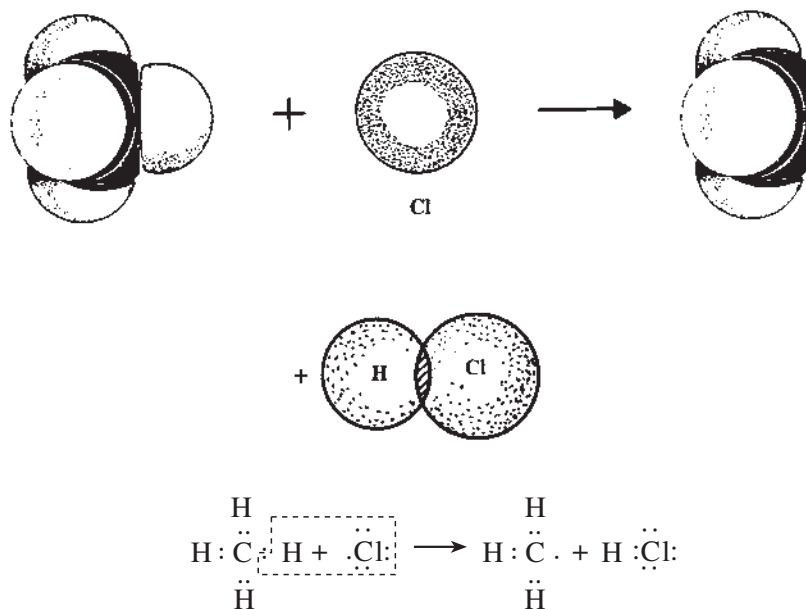
بنابراین، منطقی به نظر می‌رسد که تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش (یا گرم کردن مخلوط دو گاز)، ابتدا پیوند Cl-Cl، مطابق شکل ۱۲-۲، به دو اتم کلر شکسته شود. این عمل به ۲۴۳ کیلوژول انرژی، برای شکستن یک مول از این پیوندها نیاز دارد.



شکل ۱۲-۲ – یک مولکول Cl<sub>۲</sub> به کمک انرژی به دو اتم Cl تفکیک می‌شود.

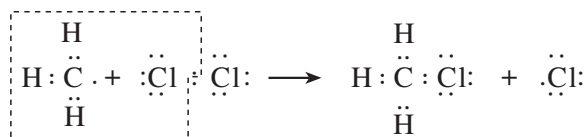
۱- گروه -CH<sub>۳</sub> را گروه متیلن می‌نامند.

هر اتم کلر، دارای ۷ الکترون در سطح ظرفیت است و یکی از آن‌ها به صورت فرد و (جفت نشده) است. انرژی این اتم زیاد است و این خود، عامل اصلی زیاد بودن فعالیت شیمیایی آن است. معمولاً یک اتم و یا گروهی متشکل از چند اتم را که دارای الکترون فرد باشند «رادیکال آزاد» می‌نامند. رادیکال آزاد کلر، هنگامی که به مولکول متان نزدیک شود، می‌تواند، مطابق شکل ۱۳-۲، یک اتم هیدروژن از آن بگیرد، و هیدروژن کلرید (HCl) همراه با رادیکال آزاد متیل ( $\text{CH}_3\cdot$ ) ایجاد کند.



شکل ۱۳-۲- برخورد مناسب رادیکال آزاد کلر با مولکول متان و جانشین شدن یک اتم کلر به جای یک اتم هیدروژن

مولکول متان، بدین ترتیب به رادیکال آزاد متیل تبدیل می‌شود که خود دارای یک الکترون فرد است. این رادیکال، بسیار فعال است و به نوبه‌ی خود می‌تواند به یک مولکول کلر برخورد کند و با گرفتن یک اتم کلر از آن، یک رادیکال آزاد کلر برجای گذارد.

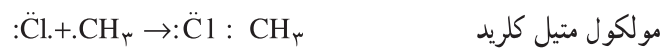


بدین وسیله، یک پیوند کووالانسی میان اتم کلر و رادیکال آزاد متیل برقرار می‌شود و مولکول متیل کلرید پدید می‌آید. اتم کلر آزاد شده به عنوان یک رادیکال آزاد، مجدداً و مانند شرح قبلی، با یک مولکول دیگر متان برخورد می‌کند این فرآیندها هم‌چنان زنجیروار تکرار می‌شوند. به همین دلیل، این‌گونه واکنش‌ها را واکنش‌های زنجیره‌ای می‌نامند. واکنش زنجیره‌ای<sup>۲</sup>، واکنشی است که شامل زنجیره‌ای از تبدیل‌های متوالی می‌باشد. پیشرفت این تبدیل‌ها، از طریق تشکیل رادیکال آزاد است.

با پیشرفت واکنش زنجیره‌ای، به تدریج بر غلظت محصول (مانند  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) افزوده شده، از غلظت متان کاسته می‌شود. از

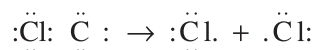


طرفی، چون رادیکال‌های آزاد  $\text{CH}_3$  و  $\text{Cl}$  بسیار فعال هستند، ممکن است به گونه‌های دیگری درواکنش شرکت کنند، مثلاً

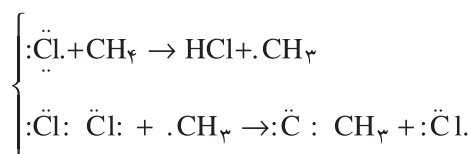


این واکنش‌ها، موجب از بین رفتن رادیکال‌های آزاد می‌شوند و در نتیجه، واکنش زنجیره‌ای متوقف می‌گردد. سایر واکنش‌های زنجیره‌ای نیز، مانند واکنش زنجیره‌ای فوق‌طی سه مرحله زیر انجام می‌شوند:

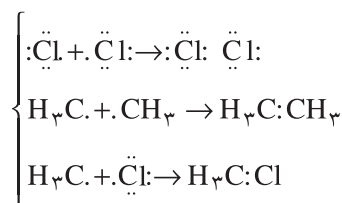
### ۱- مرحله‌ی آغازی<sup>۱</sup>



### ۲- مرحله‌ی انتشار<sup>۲</sup>



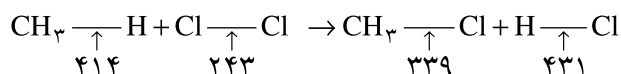
### ۳- مرحله پایانی<sup>۳</sup>



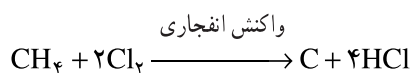
همان‌طور که گفته شد، مسیر جزء به جزء مراحل واکنش را اصطلاحاً «مکانیسم واکنش» می‌نامند.

در پایان، یادآور می‌شویم که واکنش‌های جانشینی (نظیر واکنش کلردار کردن متان) را که از طریق تشکیل رادیکال آزاد انجام می‌گیرند، واکنش جانشینی رادیکالی می‌نامند.

**تمرین** - با توجه به انرژی‌های پیوندی ذکر شده در معادله‌ی زیر با واحد کیلوژول برمول - که از ضمیمه‌های آخر کتاب گرفته شده است -  $\Delta H$  واکنش کلی کلردار کردن متان را محاسبه کنید و توضیح دهید که این واکنش گرماده یا گرماگیر است؟



ج- واکنش انفجاری گاز متان با کلر: مخلوط گاز متان با کلر، در مقابل نور مستقیم خورشید و یا پرتوهای فرابنفش پیرانرژی‌تر از آنچه درمورد واکنش جانشینی رادیکالی به کار رفت، منفجر می‌شود. در این واکنش، دوده و هیدروژن کلرید تولید می‌شود.



چنین واکنشی به علت آن که کلیه پیوندهای ساختار چهاروجهی مولکول متان درهم می‌ریزد، اصطلاحاً واکنش تخریبی<sup>۴</sup> نامیده می‌شود. بنابراین، در عمل نمی‌توان این واکنش را یک واکنش جانشینی کلردار کردن متان به حساب آورد.

۱- INITIATION STEP

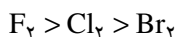
۲- PROPAGATION STEP

۳- CHAIN TERMINATION STEP

۴- DESTRUCTIVE REACTION



د- هالوژناسیون متان با سایر هالوژن‌ها: گاز فلوئور و بخار برم نیز می‌توانند از طریق مکانیسم تشکیل رادیکال آزاد، با متان ترکیب شوند و هالیدهای مربوط را پدید آورند. روند شدت واکنش هالوژن‌ها با متان، مانند روند فعالیت هالوژن‌ها از بالا به پایین در گروه هفتم جدول تناوبی کاهش می‌یابد، و به ترتیب زیر است:



بد با متان واکنش نمی‌دهد. واکنش فلوئور با متان، شدیداً گرماده است. بنابراین، کنترل واکنش دشوار است. انرژی زیاد حاصل، کافی برای درهم شکستن اغلب پیوندها و انجام واکنش انفجاری است. برای جلوگیری از انجام انفجار و تخریب مولکول متان، می‌توان مخلوط واکنش‌دهنده را با یک گاز بی‌اثر مناسب رقیق کرد. گرمای حاصل از «برم‌دار کردن» متان، کمتر از گرمای کلردار کردن است، و واکنش آن کندتر می‌باشد.

## ۹-۲- نامگذاری مشتقات هالوژن‌دار آلکان‌ها

هرگاه فرمول مولکولی ساده شده آلکان‌ها را R-H در نظر بگیریم، فرمول مولکولی هالوآلکان‌های یک استخلافی را با R-X نشان می‌دهیم. در این فرمول، X نماینده‌ی یک اتم هالوژن است. روش نامگذاری معمولی چند آلکیل هالید اولیه را قبلاً بررسی کرده‌ایم. در این نامگذاری، نام آلکیل هالید، تابع نام گروه آلکیل است. مانند متیل یدید (CH<sub>3</sub>I)، n- پروپیل برومید (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Br)، ایزوپروپیل فلوئورید (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH-F و n- بوتیل کلرید (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-Cl)

در روش نامگذاری آیوپاک، هالوژن را همچون یک گروه جانشینی (یک شاخه) وارد شده بر آلکان می‌دانیم. بنابراین، نامگذاری آن را مطابق اصول نامگذاری آلکان‌ها در نظر می‌گیریم، به طوری که:

۱- بلندترین زنجیر کربنی را انتخاب کرده، نام آن را به ذهن می‌سپاریم.

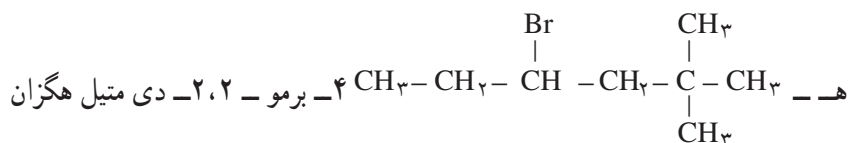
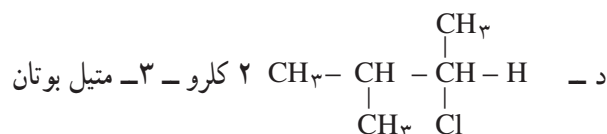
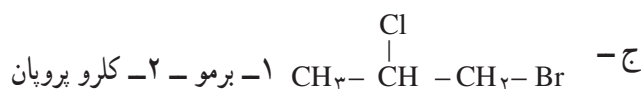
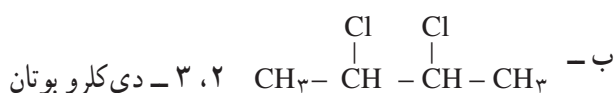
۲- نام شاخه‌ی هالوژنی را بر حسب نوع هالوژن، به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

فلوئور -F، کلر -Cl، برم -Br و ید -I

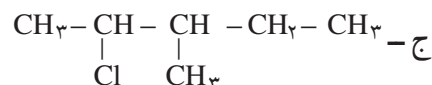
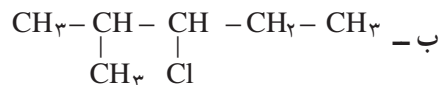
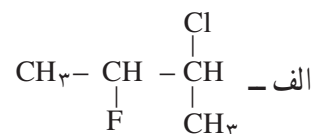
۳- شماره‌گذاری زنجیر اصلی، طبق معمول صورت می‌گیرد. اتم‌های کربن بلندترین زنجیر را از طرفی که به شاخه نزدیک‌تر باشد، شماره‌گذاری می‌کنیم، (این شاخه می‌تواند هالوژن یا گروه آلکیل باشد).

۴- حق تقدم در ذکر نام شاخه جانبی بر اساس حروف الفبای لاتین است. برای مثال،

الف - CH<sub>3</sub>-Cl کلرو متان



تمرین ۱۸-۲ ترکیب‌های زیر را نامگذاری کنید.



### ۱۰-۲ برخی کاربردهای صنعتی مشتقات هالوژن‌دار آلکان‌ها

همه‌ی مشتقات هالوژن‌دار متان، کاربردهای فراوانی در صنعت و زندگی روزمره دارند. برای مثال،

نام هالومتان	مهم‌ترین کاربردها
کلرومتان $\text{CH}_3\text{Cl}$	این ماده، گازی است که به آسانی مایع می‌شود و هنگام تبخیر، گرمای زیادی جذب می‌کند، به همین دلیل، به عنوان سرمازا در دستگاه‌های خنک‌کننده به کار می‌رود. همچنین به عنوان حامل کاتالیزور در سنتز بسیاری از فرآورده‌های صنعتی مانند کائوچوی مصنوعی کاربرد دارد.
دی کلرومتان $\text{CH}_2\text{Cl}_2$	این ماده همراه با تری کلرومتان و تتراکلرومتان، به عنوان حلال در صنایع شیمیایی به کار می‌رود.
تری کلرومتان $\text{CHCl}_3$	نام متعارف آن کلروفرم است. این مایع، زمانی به عنوان هوشبر به کار می‌رفت. تنفس بیش از اندازه‌ی آن، مرگ‌آور است. فعلاً در فهرست مواد سرطان‌زا <sup>۱</sup> قرار دارد، و کاربرد آن در صنایع دارویی، آرایشی و غیره ممنوع است.
تتراکلرومتان $\text{CCl}_4$	نام متعارف آن کربن تتراکلرید است. افزون بر کاربرد مهم آن به عنوان حلال صنعتی، در گذشته در آتش‌نشانی نیز به کار می‌رفت. بخارات سنگین این ماده، آتش‌گیر نیستند و با نشستن بر روی مواد سوختنی، هوا را از آن‌ها دور می‌سازند.

تمرین ۱۹-۲ چگالی بخار تتراکلرومتان را نسبت به هوا حساب کنید. وزن یک لیتر هوا در دما و فشار استاندارد

۱/۲۹۳ گرم است.

۱- CARCINOGEN یا سرطان‌زا (منظور آن است که برحسب پژوهش‌های آماری، افرادی که همیشه با این ماده سروکار دارند، به نسبت بیشتری در معرض ابتلا

به سرطان هستند).



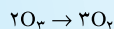
## ۱۱-۲- مشتقات هالوژن دار آلکان‌ها و محیط‌زیست

مشتقات هالوژن دار متان، یکی از حادثین مسایل زیست محیطی را برای کره زمین به وجود آورده است. این مواد پر مصرف، نسبت به عوامل طبیعی از قبیل اکسیژن هوا، نور خورشید و باکتری‌های تجزیه کننده‌ی مواد، مقاوم هستند. یکی از معروفترین آن‌ها، حشره کش د.د.ت است. این ماده‌ی سمی در آب حل نمی‌شود ولی می‌تواند جذب چربی بدن پرندگان و سایر جانوران و انسان گردد. کاربرد مهم دیگر، برای مشتقات هالوژن دار متان، مصرف وسیع آن به عنوان «پیشران» در انواع افشانه‌هاست. ماده‌ی به کار رفته از نوع فرئونها<sup>۱</sup> ست (مانند  $CCl_2F_2$  و  $CCl_3F$ ) که به طور کلی آن‌ها را سی.اف.سی<sup>۲</sup> یا کلروفلوروئورو کرین می‌نامند، که به عنوان حلال صنعتی، هم چنین به عنوان گاز سردکننده در دستگاه‌های تهویه و یخچال‌ها به کار می‌روند. مویبیت فعلی حاصل از کاربرد این مواد، رقیق شدن و سوراخ شدن روز افزون لایه‌ی اوزون است. این گازها در طبقات بالای جو، موجب از بین رفتن لایه‌ی اوزون می‌شوند که محافظ کره‌ی زمین از نفوذ بیش از اندازه‌ی پرتوهای فرابنفش است.<sup>۳</sup> یکی از عواقب بد این کار، افزایش نسبت ابتلا به سرطان پوست است. با همت جنبش‌های جهانی حفاظت محیط زیست و تصویب کنفرانس جهانی مربوط در سال ۱۹۹۰، مقرر گردید که کلیه تاسیسات و کارخانجات صنعتی جهان تا سال ۲۰۰۰، خود را آماده انصراف از کار برد این مواد بنمایند. در این راه، صدها میلیون دلار اعتبار برای پژوهش و کشف مواد جایگزین<sup>۴</sup> تأمین شده و می‌شود.

### ۱- FREONS

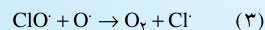
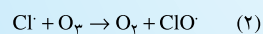
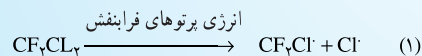
### ۲- CFC یا CHLORUFLUOROCARBON

۳- کلروفلوروئورو کرین‌ها مطابق مکانیسم خاص، گاز اوزون را به گاز اکسیژن تبدیل می‌کنند.

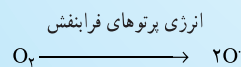


پژوهش‌های جدید مکانیسم مزبور را به احتمال زیاد به صورت زیر تشریح می‌کنند:

با برخورد پرتوهای فرابنفش پراترزی در بالای جو به کلروفلوروئوروکرین مانند  $CF_2Cl_2$ ، یک اتم کلر (به صورت رادیکال آزاد) از آن جدا می‌شود، سپس رادیکال آزاد با مولکول اوزون واکنش می‌دهد.



رادیکال آزاد کلر که مطابق معادله‌ی (۲) مصرف می‌شود، مجدداً مطابق معادله‌ی (۳) تشکیل می‌گردد. این رادیکال، به نوبه‌ی خود ممکن است به یک مولکول  $O_3$  دیگر برخورد کند، و بدین سان واکنش زنجیری رادیکالی برای چندمین بار تکرار می‌شود. رادیکال آزاد اکسیژن  $O$  در این واکنش، از اثر پرتوهای پراترزی فرابنفش بر مولکول‌های  $O_3$  پدید می‌آید.



۴- یک ماده‌ی جایگزین که تحت مطالعه و بررسی است، ۱، ۱، ۱- تترافلوروئورو اتان  $F-C(F)(H)-C(F)(H)-F$  است که فاقد کلر می‌باشد.



### پرسش و تمرین

۱- مفاهیم زیر را تعریف کنید.

الف - هیدروکربن، ب - پارافین، ج - هومولوگ، د - فرمول تجربی، ه - فرمول مولکولی، و - فرمول ساختاری، ز - ایزومری

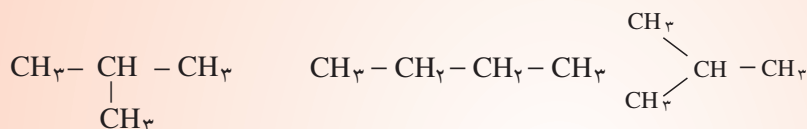
۲- در سری هیدروکربن‌های سیرشده، با افزایش تعداد اتم‌های کربن، چه تغییری در خواص فیزیکی پیش می‌آید؟

۳- تعداد اتم‌های کربن در نفت سفید، می‌تواند در حدود ۱۲، در گازوئیل، در حدود ۱۸، و در قیر در حدود ۳۰ باشد، فرمول مولکولی مناسب را برای هر یک از مواد مزبور پیشنهاد کنید.

۴- کدامیک از هیدروکربن‌های زیر سیرشده است؟

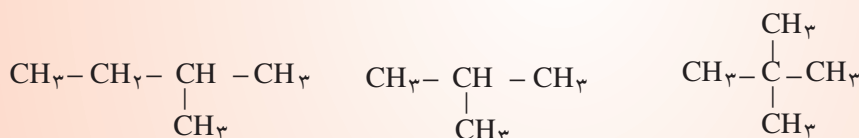


۵- چند ماده شیمیایی، به وسیله فرمول‌های زیر توصیف شده است؟



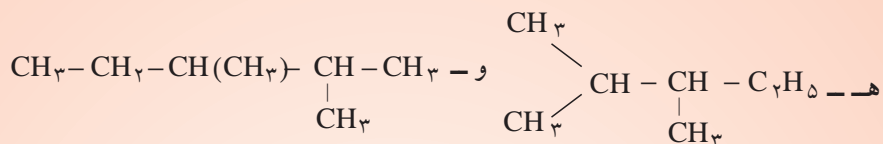
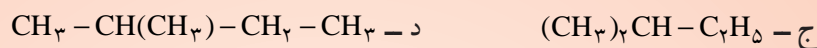
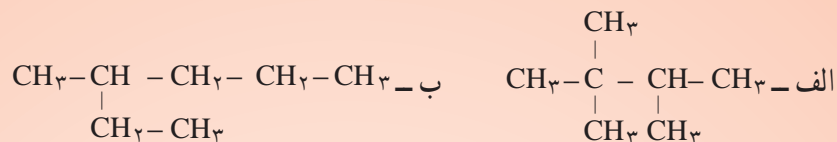
۶- فرمول ساختاری همه‌ی ایزومرهای هگزان را بنویسید و نامگذاری کنید.

۷- ایزومرها را در میان مواد زیر مشخص کنید.



۸- فرمول الکترون نقطه‌ای  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$  را رسم کنید.

۹- مواد زیر را مطابق دستور ایوپاک، نامگذاری کنید.



۱۰- فرمول ساختاری مواد زیر را رسم کنید.

الف - ۳- اتیل هپتان  
ب - ۲، ۴- دی متیل هگزان

ج - ۳- اتیل - ۲- متیل هپتان

۱۱- فرمول مولکولی هیدروکربنی را بنویسید که شامل ترکیب درصد وزنی ۸۲/۸٪ کربن است. چگالی این

ماده در شرایط استاندارد ۲/۵۹ گرم بر لیتر است.

۱۲- وزن نمونه‌ای از یک هیدروکربن ۸/۸ گرم است. پس از سوختن کامل به ۲۶/۴ گرم دی‌اکسیدکربن

تبدیل شده است. فرمول مولکولی هیدروکربن را مشخص کنید.

۱۳- با شکستن پیوند C-H و تشکیل رادیکال‌های آزاد، تعداد الکترون‌های لایه‌ی ظرفیت در اتم کربن به

چه قدر می‌رسد؟ در هیدروژن چه طور؟

۱۴- اثر برم بر متان، مانند اثر کلر بر آن است. معادله‌ی واکنش‌های متوالی برم‌دار کردن متان را بنویسید.

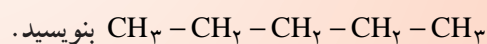
۱۵- چرا واکنش هالوژن‌دار کردن یک آلکان را یک واکنش زنجیری می‌نامند؟

۱۶- گاهی در پایان واکنش کلردار کردن متان، به پیدایش اندکی اتان پی می‌بریم، علت چیست؟

۱۷- چگونه گاز متان را از گاز هیدروژن تشخیص می‌دهید؟

۱۸- حجم هوای لازم برای سوختن کامل ۳ مول متان و ۲۰ لیتر اتان، چه قدر است؟

۱۹- فرمول ساختاری ۲ هومولوگ و دو ایزومر را برای ماده‌ای به فرمول



۲۰- دی‌کلرو دی‌فلوئورومتان (معروف به فرئون ۱۲)، به عنوان گاز سردکننده، در یخچال‌های خانگی کاربرد

دارد.

اولاً، فرمول ساختاری آن را بنویسید.

ثانیاً، فرمول الکترون نقطه‌ای آن را ترسیم کنید.

ثالثاً، دو مورد دیگر از کاربردهای آن را بنویسید.

۲۱- آیا معادله‌های سوختن کامل بوتان و ایزوبوتان با یکدیگر تفاوت دارند؟ چرا؟

۲۲- فرمول مولکولی یک هیدروکربن گازی شکل را تعیین کنید که ۵/۶ لیتر آن در شرایط دما و فشار

استاندارد، ۱۶/۸ لیتر گاز دی‌اکسید کربن و ۱۸ گرم آب پدید می‌آورد.

