فصل ۲

آلکان‌ها (هیدروکربن‌های سیرشده‌ی زنجیری)

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

۱ــ منابع آلکان‌ها را در طبیعت و بویژه در ایران، با ذکر مثال، بیان کند.

۲ــ روند تغییر خواصّ آلکان‌ها را با توجّه به افزایش وزن مولکولی توجیه کند.

۳ــ در نامگذاری آلکان‌ها و نوشتن فرمول آن‌ها در سطح مقدّماتی، مهارت نشان دهد.

۴ــ ایزومرهای ممکن را برای یک آلکان اوّلیه بنویسد و نامگذاری کند.

۵ــ از عهده‌ی حلّ برخی مسایل عددی ساده در ارتباط با تشخیص فرمول آلکان‌های اوّلیه، برآید.

۶ــ برخی کاربردهای مهم آلکان‌ها و مشتقّات آن‌ها را در زندگی و صنعت فهرست‌وار، بیان کند.

۷ــ مکانیسم واکنش جانشینی رادیکالی را در آلکان‌ها، با ذکر یک مثال ساده توضیح دهد.

۸ــ انرژی یک واکنش ساده‌ی مربوط به آلکان‌ها را بر اساس انرژی‌های پیوندی، محاسبه کند.

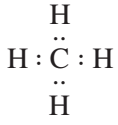
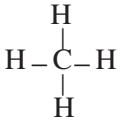
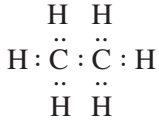
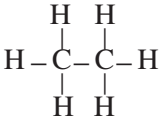
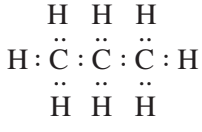
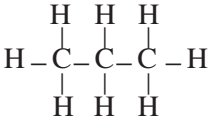
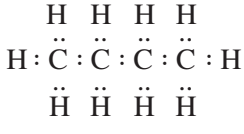
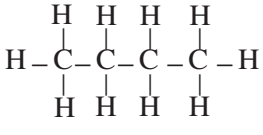
۹ــ نقش آلکان‌ها را در تأمین انرژی مورد مصرف در زندگی و صنعت به اختصار بیان کند و فرمول کلّی سوختن آن‌ها را بنویسد.

۱ــ۲ــ 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 موادّ آلی جدید تهیّه می‌شوند. بنابراین آلکان‌ها در حکم موادّ آغازین برای تهیّه تعداد زیادی از موادّ آلی به شمار می‌روند.

۲ــ ۲ــ 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 اوّلیه است، توجّه کنید :

نام	فرمول مولکولی[1]	فرمول ساختاری (پیوندها به صورت جفت الکترون مشترک)	فرمول ساختاری[2] (پیوندها به صورت خط فاصله)
متان	CH_4		
اتان	C_2H_6		
پروپان	C_3H_8		
بوتان	C_4H_{10}		

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

۱ــ هر اتم کربن به وسیله‌ی چهار پیوند کووالانسی ساده با چهار اتم مجاور پیوند یافته است. چون هر چهار ظرفیّت اتم کربن به‌وسیله‌ی چهار اتم دیگر اشغال شده، بنابراین، جایی برای ترکیب اضافی با اتم دیگر وجود ندارد. به همین دلیل، این هیدروکربن‌ها **سیرشده یا اشباع شده**[3] نامیده می شوند، و بنابر قرارداد، نام **آلکان**[4] به آن‌ها اطلاق می شود.

۲ــ تفاوت هر عضو از این مجموعه، با عضو قبلی یا بعدی در یک $-\overset{H}{\underset{H}{C}}-$ است. این نوع ترکیب‌ها را که تفاوت آن‌ها در یک یا چند $(-CH_2-)$ است، **سری هومولوگ**[5] (همرده) می‌نامند. به همین دلیل، چهار عضو متان، اتان، پروپان و بوتان را هومولوگ همدیگر می‌دانیم، که در مجموع بخش اولیّه‌ای 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 $-CH_2-$ اختلاف دارد.

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

۲ــ فرمول ساختاری : نشان‌دهنده‌ی نوع عنصرها و تعداد اتم‌های هر عنصر در یک مولکول است، و هم نشان‌دهنده‌ی موقعیّت اتم‌ها یا گروه‌های چند اتمی نسبت به یکدیگر در مولکول می‌باشد.

۳ــ SATURATED HYDROCARBONS ۴ــ ALKANES ۵ــ HOMOLOGOUS SERIES

۳ــ از آنجا که در این ترکیب‌ها، هر ترکیب با ترکیب قبلی و بعدی خود در یک گروه «$-CH_2-$» 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 ۲n خواهد بود. از طرفی چون متان که نخستین عضو این خانواده است، خود دو اتم هیدروژن بیشتر از $-CH_2-$ دارد، پس می‌توان فرمول کلّی هیدروکربن‌های این خانواده را $(CH_2)_n + 2H$ نوشت. این فرمول را برای سادگی به صورت C_nH_{2n+2} می‌نویسند. یعنی در این هیدروکربن‌ها، تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول، ۲ اتم بیشتر از ۲ برابر تعداد اتم‌های کربن است. با این ترتیب، درخانواده‌ی آلکان‌ها بعد از بوتان، ترکیبی به فرمول C_5H_{12} خواهیم داشت ($n = 5$ است، پس $H = 2 \times 5 + 2 = 12$ خواهد بود). این هیدروکربن، پنتان نام دارد.

تمرین ۱ــ۲ــ فرمول مولکولی آلکانی را که ۶ اتم کربن دارد، بنویسید و یک فرمول الکترون نقطه‌ای و هم‌چنین فرمول ساختاری برای آن رسم کنید.

تمرین ۲ــ ۲ــ فرمول مولکولی آلکان‌ها را از C_7 تا C_{10} بنویسید.

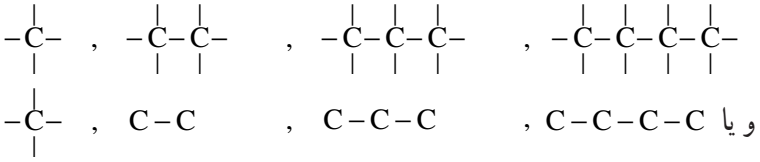
یادآوری ــ برای صرفه‌جویی در کاغذ، هم‌چنین آسان کردن فرمول‌نویسی، به جای فرمول ساختاری گسترده‌ای که در ستون سمت چپ مثال‌های قبلی درباره متان، اتان، پروپان و بوتان ارائه شده است، فرمول این مواد را به «صورت متراکم» زیر می‌نویسند :

CH_4 , CH_3-CH_3 , $CH_3-CH_2-CH_3$, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

یا CH_4 , CH_3CH_3 , $CH_3CH_2CH_3$, $CH_3CH_2CH_2CH_3$

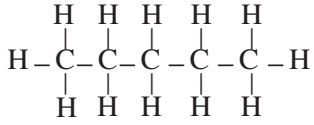
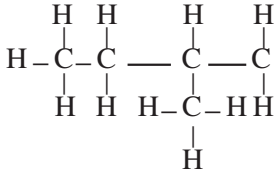
متان اتان پروپان بوتان

فرمول ساختاری بوتان را نیز می‌توان به صورت متراکم $CH_3(CH_2)_2CH_3$ نوشت.

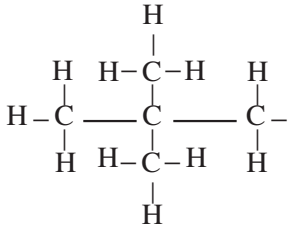


۳ــ۲ــ نامگذاری آلکان‌ها

۱ــ۳ــ۲ــ 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_4H_{10}) را، یکی بوتان نرمال و دیگری را ایزوبوتان نام نهادند. برای هومولوگ بعدی بوتان به نام پنتان (C_5H_{12})، سه ایزومر به صورت زیر وجود دارد که بازهم برای معرّفی آن‌ها از نام‌های قدیمی است، استفاده می‌شود.

نام ایزومرهای پنتان	فرمول متراکم ایزومر	فرمول ساختاری ایزومر	دمای جوش ایزومر (°C)
پنتان نرمال (n– پنتان)	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$		+۳۶
ایزوپنتان	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$		۳۰

پیشوند ایزو برای ترکیب‌هایی به‌کار می‌رود که بر روی کربن دوّم از زنجیر اصلی یک شاخه متیل (CH_3) وجود داشته باشد.

نئوپنتان	$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$		+۹/۵

پیشوند نئو برای ترکیب‌هایی به‌کار می‌رود که بر روی کربن دوّم از زنجیر اصلی دو شاخه متیل وجود داشته باشد.

در این‌جا نیز دیده می‌شود که هر قدر تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر باشد، دمای جوش ایزومر پایین‌تر است. همان‌طور که دیده شد، برای تشخیص دو ایزومر بوتان از یکدیگر، از کلمه‌های نرمال وایزو، و برای تشخیص سه ایزومر پنتان از کلمه‌های **نرمال، ایزو** و **نئو** استفاده کردیم. بدیهی است که در هومولوگ‌های سنگین‌تر به‌شدّت بر تعداد ایزومرها افزوده می‌شود. این‌جاست که دانشمندان باید در اندیشه‌ی نامگذاری علمی، جامع و آسان باشند.

۲ــ۳ــ۲ــ دستور ایوپاک برای نامگذاری آلکان‌ها ــ در حدود یک صد سال پیش، کمیته‌ای بین‌المللی از شیمیدانان جهان برای استاندارد کردن نامگذاری‌ها تشکیل گردید، که بعدها کار خود را در چارچوب اتّحادیه معروف به **ایوپاک**[1] دنبال کرد. تصمیم‌های این کمیته در مورد نامگذاری همه‌ی ترکیب‌های آلی در اغلب موارد، توسّط کُلّیه کشورهای جهان رعایت می‌شود. دستور نامگذاری ایوپاک، ضمن انجام برخی تجدیدنظرها تاکنون به کار می‌رود. در عین حال، نام‌های قدیمی و معمولی برخی ترکیب‌های اوّلیه از هر سری از خانواده‌های ترکیب‌های آلی، در کنار نام‌های جدید کاربرد دارند. چهار هیدروکربن اولیّه، دارای نام‌های معمولی متان (CH_4)، اتان (CH_3-CH_3)، پروپان ($CH_3-CH_2-CH_3$) و بوتان ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$) هستند. دستور ایوپاک برای نامگذاری آلکان‌ها به قرار زیر است:

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

۱ــ انجمن جهانی شیمی نظری و کاربردی معروف به IUPAC

(INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY)

الف ــ پیشوندی که نشان‌دهنده‌ی تعداد اتم‌های کربن به زبان یونانی[1] است.

ب ــ پسوند «آن ane» که مشتق از خانواده‌ی آلکان‌ها است. به نام و مشخّصات ۸ آلکان اوّلیه ارائه شده در جدول ۱ــ۲ توجّه کنید :

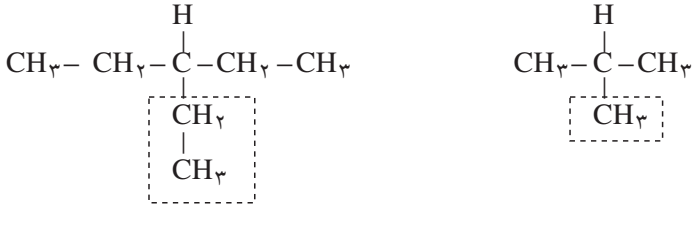
جدول ۱ــ۲ــ نام، فرمول و برخی مشخّصات فیزیکی ۸ آلکان اوّلیه

نام آلکان	فرمول مولکولی C_nH_{2n+2}	فرمول ساختاری متراکم	دمای ذوب °C	دمای جوش °C	چگالی g/ml
متان	CH_4	CH_4	−۱۸۲	−۱۶۲	ــ
اتان	C_2H_6	CH_3-CH_3	−۱۸۳	−۸۹	ــ
پروپان	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$	−۱۸۸	−۴۲	۰/۵۰ (مایع)
n− بوتان	C_4H_{10}	$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$	−۱۳۸	−۰/۵	۰/۵۹۹
n− پنتان	C_5H_{12}	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	−۱۳۰	۳۶	۰/۶۲۷
n− هگزان	C_6H_{14}	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$	−۹۵	۶۹	۰/۶۶
n− هپتان	C_7H_{16}	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$	−۹۱	۹۸	۰/۶
n− اکتان	C_8H_{18}	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$	−۵۷	۱۲۶	۰/۷۰۳

تمرین ۳ــ۲ــ فرمول و نام آلکان‌های C_9 و C_{10} را بنویسید.

یادآوری: معرّفی بنیان آلکیل ــ برای نامگذاری آلکان‌های پیچیده، دانستن نام بنیان‌ها ضرورت دارد. اگر از یک آلکان، یک اتم هیدروژن برداریم، آن‌چه باقی می‌ماند، بنیان **الکیل** نامیده می‌شود. برای مثال : بنیان متیل $-CH_3$ از متان (CH_4)، بنیان اتیل $-C_2H_5$ (یا $-CH_3CH_2$) از اتان (C_2H_6)، و بنیان پروپیل $-C_3H_7$ 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 متّصل به بلندترین زنجیر را نامگذاری کنید. هرگاه آلکان، دارای شاخه‌ی فرعی باشد، مانند دو مورد زیر :



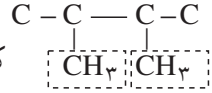
الف ب

نام مادّه اندکی پیچیده‌تر می‌شود. در این‌جا ابتدا باید نام شاخه‌ها را مشخّص کنیم. در دو مثال بالا، یک اتم هیدروژن از

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

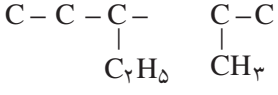
مولکول الف برداشته شده، و به جای آن، یک بنیان متیل ($-CH_3$) جایگزین شده است. در مولکول ب، یک بنیان اتیل ($-CH_3CH_2$) جانشین یک اتم هیدروژن شده است.

توجّه ــ 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 :



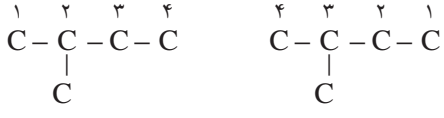
که برای نامگذاری آن، واژه‌ی **دی‌متیل** را به‌کار می‌بریم.

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) مقدّم است.

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



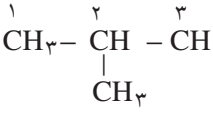
شماره‌گذاری درست **شماره‌گذاری غلط**

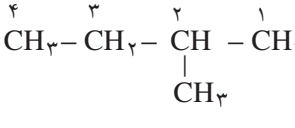
دستورشماره ۴ــ درمرحله پایانی، نام آلکان را به ترتیب زیر بنویسید :

الف‌ــ شماره‌ی اتم کربن متّصل به گروه آلکیل را بنویسید، و پس از آن یک خط تیره (ــ) بکشید.

ب‌ــنام بنیان الکیل را بنویسید.

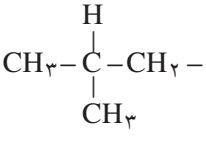
ج‌ــ نام زنجیر اصلی هیدروکربن (تنه‌ی اصلی) را بنویسید.

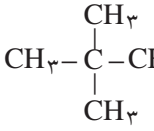
مثال ۱ــ  ، ۲ــ متیل پروپان

مثال ۲ــ  ، ۲ــ متیل بوتان

مثال ۳: نامگذاری ایزومرهای پنتان (C_5H_{12}) بر حسب دستور ایوپاک (قبلاً با نامگذاری قدیمی و معمولی آن‌ها آشنا شدید) :

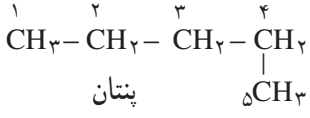
الف ــ $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ، پنتان

ب ــ  ، ۲ ــ متیل بوتان

ج : 

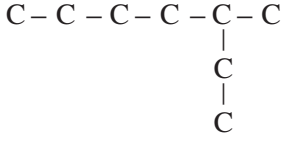
۲، ۲ــ دی‌متیل پروپان

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



پنتان

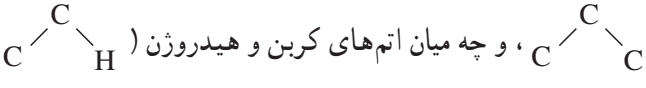
تمرین ۴ــ ۲ــ کدام نام را برای فرمول زیر انتخاب می‌کنید (بلندترین زنجیر کربنی چند اتم کربن دارد)؟

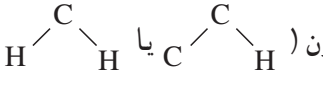


۲ــ اتیل هگزان؟

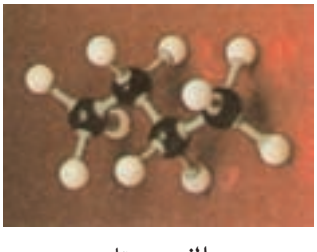
یا

۳ــ متیل هپتان؟

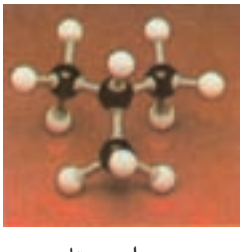
شکل دوبُعدی مولکول‌ها که روی کاغذ ترسیم می‌شود، ممکن است زنجیر را در امتداد مستقیم و شاخه‌ی آن را همراه با زاویه‌ی ۹۰ درجه نشان دهد! ولی واقعیّت آن است که شکل واقعی این مولکول‌ها چنین نیست. باید به ساختار سه‌بُعدی مولکول‌ها در فضا توجّه کرد. شکل ۱ــ ۲ ساختار سه بعدی مولکول‌های بوتان و ایزوبوتان را نشان 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 

، و چه میان اتم‌های کربن و هیدروژن (

یا)، همگی در حدود °۱۰۹/۵ است. در مبحث بعدی و هنگام بررسی شکل فضایی مولکول متان، علّت پیدایش چنین زاویه‌ای را بررسی خواهیم کرد.



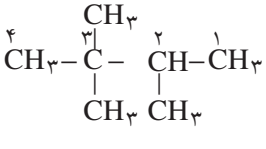
الف ــ بوتان



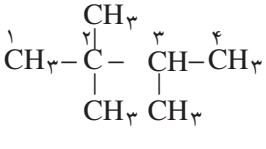
ب ــ ایزوبوتان

شکل ۱ــ۲ــ ساختار سه بعدی مولکول‌های بوتان و ایزوبوتان

تمرین ۵ ــ ۲ــ کدام نام درست است؟



الف : ۲، ۳، ۳ــ تری متیل بوتان

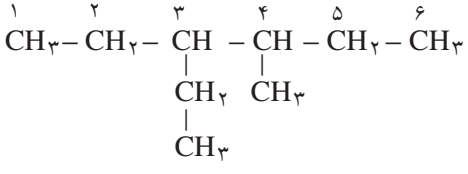


ب : ۲، ۲، ۳ــ تری متیل بوتان

در مواردی که شاخه‌های آلکیل موقعیّت 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 موقعیّت شاخه‌ها را در بردارد، درست است.**

نکته‌ی دیگری که در این نامگذاری جلب توجّه 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 مشخّص می‌کند، دوباره تکرار می‌شود و میان هر یک از این دو عدد، ویرگول (،) قرار می‌گیرد. بین آخرین عدد و کلمه‌ی بعدی نیز، خطّ فاصله (ــ) می‌گذارند.

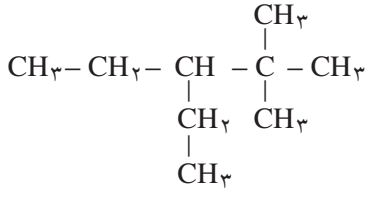
مثال ۴ــ شماره‌گذاری و نامگذاری فرمول زیر را بررسی کنید.



نام : ۳ــ اتیل ــ۴ــ 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 ــ به فرمول پیچیده‌ی زیر و نام آن توجّه کنید :



۳ــ اتیل ــ ۲، ۲ــ دی‌متیل پنتان

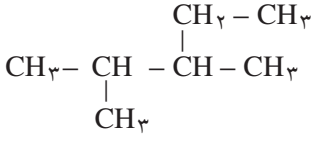
در نامگذاری این مادّه، چند نکته جلب توجّه می‌کند :

الف ــ اصول شماره‌گذاری رعایت شده است، زیرا اتم کربن شماره‌ی۱، نزدیک‌ترین موقعیّت را به شاخه‌ی متیل دارد.

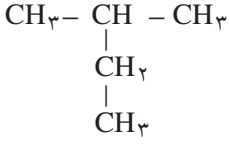
ب ــاصول نامگذاری رعایت شده است. زیرا نام شاخه‌ی اتیل، مقدم بر شاخه‌ی متیل ذکر شده است.

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

تمرین ۶ــ ۲ــ هیدروکربن‌های زیر را نامگذاری کنید.



الف



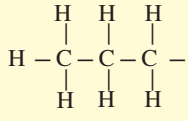
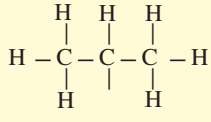
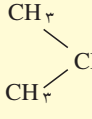
ب

۴ــ ۲ــ مروری بر فرمول و نام گروه‌های آلکیل

قبلاً با مفهوم گروه الکیل، مانند متیل – CH_3 ، اتیل – C_2H_5 و پروپیل – C_3H_7 آشنا شده‌اید. این گروه‌ها را که در اصل حاصل جداکردن یک اتم هیدروژن از آلکان مربوط است، به صورت – R نشان می‌دهند و آن را بنیان آلکیل و یا بنیان – R می‌گویند. از آنجا که فرمول عمومی آلکان‌ها C_nH_{2n+2} است، فرمول عمومی بنیان آلکیل و یا – R برابر – C_nH_{2n+1} است. بدیهی است که گروه آلکیل به تنهایی وجود ندارد. هرگاه گروه – R با کلر ترکیب شود، ترکیب‌هایی همچون متیل کلرید CH_3Cl ، اتیل کلرید CH_3CH_2Cl (و یا C_2H_5Cl) و پروپیل کلرید C_3H_7Cl پدید می‌آیند، که می‌توان فرمول کلّی $C_nH_{2n+1}Cl$ را تحت نام کلّی کلرید آلکیل کلرید برای آن‌ها نوشت.

در مورد گروه – C_3H_7 ، گرچه پروپان C_3H_8 فقط دارای یک ساختار مولکولی است (ایزومر ندارد)، ولی گروه پروپیل که از آن گرفته شده است، برحسب موقعیّت اتم هیدروژن جدا شده، دارای دو نوع ایزومر با مشخّصات مندرج در جدول ۲ــ۲ است.

جدول ۲ــ ۲ــ مشخصّات دو ایزومر گروه پروپیل

فرمول ساختاری		
نام معمولی	گروه پروپیل نرمال	گروه ایزوپروپیل
فرمول معمولی	n – C_3H_7 –	iso – C_3H_7 –
نام ایوپاک	۱ــ پروپیل	۲ــ پروپیل
فرمول متراکم	$CH_3CH_2CH_2$ –	$(CH_3)_2CH$– یا 

خودآزمایی: از هیدروکربنی با فرمول مولکولی C_4H_{10} چند گروه آلکیل مشتق می‌شود؟

۵ــ۲ــ انواع اتم کربن

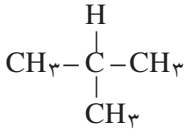
در برخی موارد، با ۴ واژه کربن نوع اول، کربن نوع دوم، کربن نوع سوم و کربن نوع چهارم روبرو می‌شویم که در این‌جا به تعریف آن‌ها می‌پردازیم :

کربن نوع اول: هرگاه اتم کربن در یک مولکول، فقط با یک اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع اوّل می‌نامند. برای مثال، در مولکول اتان C – C ، دو اتم کربن نوع اوّل وجود دارد ؛ زیرا هر کربن به یک اتم کربن دیگر متّصل است. (ضمناً اتم کربن در متان نیز استثنائاً نوع اوّل 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 (–C(|)–C(|)–C(|)–)، اتم‌های کربن ۱ و ۳ از نوع اوّل و اتم کربن شماره‌ی ۲ از نوع دوم است.

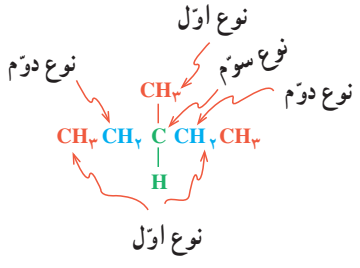
کربن نوع سوم: هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با سه اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع سوم می‌نامند. برای

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



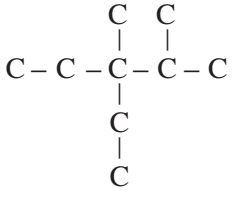
۳ اتم کربن نوع اوّل و یک اتم کربن نوع سوم وجود دارد.

فعالیّت: نام و نوع اتم‌های کربن را در مولکول زیر مشخّص کنید.



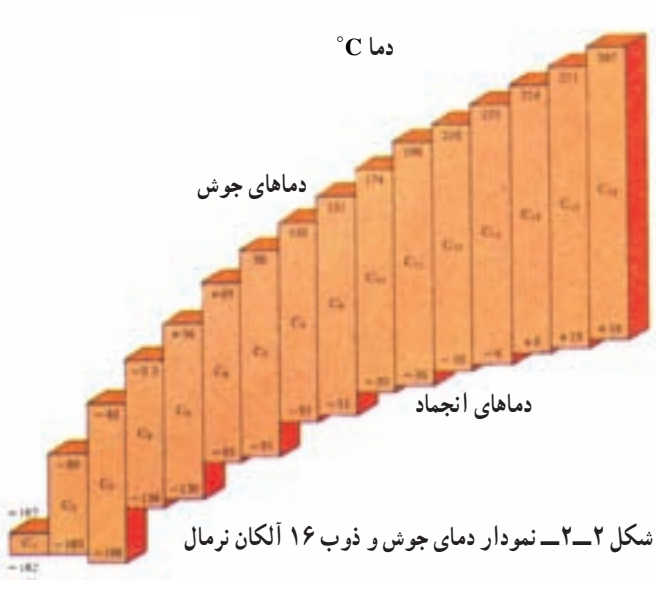
کربن نوع چهارم: هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع چهارم می‌نامند. برای مثال، در مولکول ۲، ۲ــ دی‌متیل پروپان، چهار اتم کربن نوع اوّل، و یک اتم نوع چهارم وجود دارد.

فعالیت ــ نوع اتم‌های کربن را در مولکول ۳ــ اتیل ۲، ۳ــ دی‌متیل پنتان مشخّص کنید.



۶ــ۲ــ خواصّ فیزیکی آلکان‌ها (هیدروکربن‌های سیرشده)

۱ــ۶ــ۲ــ دمای جوش و ذوب آلکان‌ها: آلکان‌ها، تغییر تدریجی نسبتاً منظّمی در خواصّ 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 ۱ــ۲ ارائه شد. شکل نمودار ۲ــ۲ نیز این دماها را به صورت مجسّم‌تری برای ۱۶ آلکان نرمال اوّلیه نشان می‌دهد.



شکل ۲ــ۲ــ نمودار دمای جوش و ذوب ۱۶ آلکان نرمال

نمودار را بررسی کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱ ــ 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 کپسول گاز تحت فشار وارد کنند، آیا زودتر یا دیرتر مایع می‌شود؟ چرا؟

۲ــ 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؟

۳ــ 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؟)

۴ــ هرگاه بدانید که نفت سفید مخلوطی از مولکول‌های C_9 تا C_{16} است، اوّلاً حدود تقریبی دمای جوش آن چقدر است؟ ثانیاً چرا روشن کردن نفت سفید با یک چوب کبریت، دیرتر از بنزین صورت می‌گیرد؟

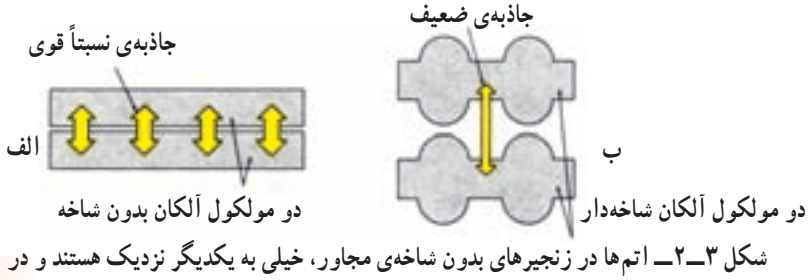
۵ــنظام کلّی مشاهده شده در مورد رابطه‌ی دماهای جوش با اندازه‌ی مولکول‌های آلکان‌ها و وزن آن‌ها چیست؟

۶ــ میانگین افزایش دمای جوش، به ازای افزایش یک اتم کربن در مولکول آلکان‌های C_8 تا C_{12} چقدر است؟

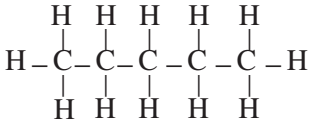
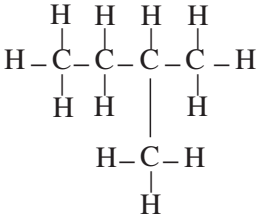
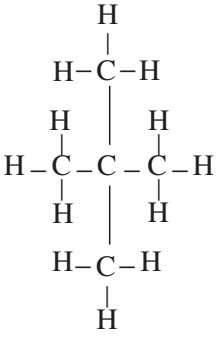
۷ــ با توجّه به نمودار صفحه قبل، آیا می‌توان پیش‌بینی کرد که نفت سفید در یک روز زمستانی بسیار سرد ایران، منجمد شود یا نه؟ هگزان چطور؟

۲ــ۶ــ۲ــ نیروهای جاذبه‌ی و اندروالسی میان مولکول‌های آلکان‌ها: مولکول‌های آلکان‌ها، معمولاً غیر قطبی هستند، بنابراین درحالت مایع و جامد، نیروهای جاذبه ضعیف واندروالسی 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 واندروالسی افزوده می‌شود. نتیجه آن‌که 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 درمنزل و کارگاه افزوده می شود. تبخیر سریع بنزین در فضای بسته، مخلوط قابل انفجاری با هوا پدید می‌آورد که فقط در انتظار یک جرقه کوچک است!

۳ــ۶ــ۲ــ 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 ۳ــ۲ــالف، الگویی برای نمایش دو مولکول آلکان نرمال (مثلاً n– بوتان) را نشان می‌دهد. به علّت نبود شاخه، امکان تماس اتم‌ها در دو زنجیر مجاور بیشتر است. بنابراین، برنیروهای جاذبه واندروالسی افزوده می‌شود و دمای جوش آلکان اندکی بالا می‌رود. شکل ۳ــ۲ــ ب، الگویی برای نمایش دو مولکول آلکان شاخه‌دار است. در این‌جا فاصله‌ی میان مولکول‌های مجاور بیشتر است و از نیروهای جاذبه واندروالسی و دمای جوش کاسته می شود. برای اطمینان یافتن از صحت این نظام، آن را درمورد ایزومرهای پنتان امتحان می‌کنیم. پیش‌بینی ما این است که هرچه برتعداد شاخه ها افزوده شود، دمای جوش پایین می‌آید.



شکل ۳ــ۲ــ 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 ($^{\circ}C$)
پنتان نرمال	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$		+۳۶
ایزوپنتان	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$		+۳۰
نئوپنتان	$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$		+۹/۵

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

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

یادآوری درباره‌ی تعداد ایزومرها در آلکان‌ها ــ 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 می شود. برای مثال C_6H_{12}، ۵ ایزومر، C_8H_{18}، ۱۸ ایزومر ، $C_{10}H_{22}$، ۷۵ ایزومر و $C_{20}H_{42}$، ۳۶۶۳۱۹ ایزومر! دارند.

۴ــ۶ ــ ۲ــ حل شدن آلکان‌ها در حلال‌ها: به طورکلّی، 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 درحلال‌های غیرقطبی، کم و بیش حل می‌شوند (بنزین در نفت حل می‌شود، قیر نیز درنفت حل می‌شود).

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

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

۷ــ ۲ــ خواصّ شیمیایی آلکان‌ها

آلکان‌ها با اغلب واکنش‌گرها واکنش ندارند. به دلیل عدم تمایل آلکان‌ها برای شرکت در اغلب واکنش‌های شیمیایی در شرایط عادّی، آن‌ها را هیدروکربن‌های پارافینی و به طور کلّی، پارافین[1] می‌نامند. یک آلکان با سولفوریک اسید غلیظ، نیتریک‌اسید،

۱ــ PARAFFIN از دو واژه‌ی لاتین PARUM به معنی کم و AFFINIS به معنی فعّالیت است.

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

۱ــ۷ــ۲ــ سوختن آلکان‌ها در هوا یا اکسیژن: آلکان‌ها به‌آسانی و به کمک شعله در هوا می‌سوزند. واکنش به‌شدت 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 :

$$C_۸H_{۱۸} + \frac{۲۵}{۲}O_۲ \rightarrow ۸CO_۲ + ۹H_۲O \qquad \Delta H = -۵۴۵۰kJ$$

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، ۵۴۵۰ کیلوژول برمول است، می‌توان گرمای سوختن یک گرم آن را حساب کرد.

$C_۸H_{۱۸} = ۸\times۱۲+۱۸ = ۱۱۴$ گرم

۱۱۴ گرم ۵۴۵۰ کیلوژول

۱ گرم $x = ۴۷/۸$ کیلوژول

تمرین ۱۰ــ ۲ــ هرگاه چگالی نوعی بنزین با این فرض که همه‌ی آن از اکتان تشکیل شده باشد، برابر ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعّب باشد، گرمای سوختن یک لیتر بنزین را حساب کنید.

$$d = \frac{m}{V} \quad \Rightarrow \quad ۰/۷ = \frac{۱}{V}$$

$V = \frac{۱}{۰/۷} = ۱/۴۳$ سانتی‌متر مکعب حجم یک گرم بنزین

$۱/۴۳ml \rightarrow ۴۷/۸$ کیلوژول گرما

$۱۰۰۰ml \rightarrow x = ۳۳۴۲۶kj$ گرمای سوختن یک لیتر بنزین[۱]

جدول۳ــ ۲، گرمای سوختن یک مول، هم‌چنین گرمای سوختن یک گرم از ۸ نوع آلکان رانشان می دهد.

۱ــ از آن‌جا که بنزین معمولی فقط اکتان نیست و شامل مولکول‌های دیگری نیز هست، ارزش گرمایی یک لیتر بنزین عملاً به حدود ۳۴۸۰۰ کیلوژول می‌رسد.

جدول ۳ــ۲ــ گرمای سوختن مولی و گرمای سوختن یک گرم از چند آلکان

هیدروکربن	فرمول مولکولی	گرمای سوختن یک گرم (kJ/g)	گرمای سوختن مولی (kJ/mol)
متان	$CH_۴$	۵۰/۶	۸۱۰
اتان	$C_۲H_۶$	۵۲	۱۵۶۰
پروپان	$C_۳H_۸$	۵۰	۲۲۰۰
بوتان	$C_۴H_{۱۰}$	۴۹/۳	۲۸۵۹
پنتان	$C_۵H_{۱۲}$	۴۸/۸	۳۵۱۰
هگزان	$C_۶H_{۱۴}$	۴۸/۲	۴۱۴۱
هپتان	$C_۷H_{۱۶}$	۴۸/۲	۴۸۱۷
اکتان	$C_۸H_{۱۸}$	۴۷/۸	۵۴۵۰

تمرین ۱۱ــ۲ــ چه نوع نظام تقریبی در مقدارگرمای سوختن یک گرم از انواع سوخت‌های ارائه شده در جدول، دیده می‌شود؟ (به جدول بالا نگاه کنید).

تمرین ۱۲ــ ۲ــ به طور تقریب با افزایش هر $-CH_۲-$ از یک هومولوگ به هومولوگ بعدی، تا چه اندازه به گرمای مولی هیدروکربن افزوده می شود؟ (به جدول بالا نگاه کنید)

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

چند تمرین حل شده

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

حل ــ به یاد دارید که چگالی بخار یک مادّه نسبت به هوا، از رابطه‌ی $d = \frac{M}{۲۹}$ به‌دست 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 می شود، 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 ۱۵ــ ۲ــ 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 معیّن کنید.

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

$M = ۲۲/۴ \times ۱/۹۷ \cong ۴۴$ می شود. پس می‌توان نوشت :

$$C_nH_{۲n+۲} = ۱۴ + ۲ = ۴۴$$

$$۱۴n = ۴۲ \quad , \quad n = ۳$$

بنابراین، فرمول مولکولی هیدروکربن مزبور $C_۳H_۸$ است. (گاز پروپان)

تمرین ۱۶ــ ۲ــ از سوختن کامل ۱/۱۲ لیتر بخار یک هیدروکربن سیرشده در شرایط دما و فشار استاندارد، ۱۱گرم $CO_۲$ تولید می شود. فرمول مولکولی هیدروکربن را معیّن کنید.

حل ــ فرمول عمومی سوختن هیدروکربن‌های سیرشده به صورت زیر است :

$$C_nH_{۲n+۲} + \frac{۳n+۱}{۲}O_۲ \rightarrow nCO_۲ + (n+۱)H_۲O$$

به طوری که ملاحظه می شود، از سوختن کامل هر مول هیدروکربن (۲۲/۴ لیتر در شرایط استاندارد)، n مول کربن دی‌اکسید ($n \times ۴۴$ گرم) به دست می‌آید، پس می‌توان نوشت :

$C_nH_{۲n+۲}$ ۲۲/۴ لیتر	$CO_۲$ «۴۴ n گرم»
۱/۱۲ لیتر	۱۱ گرم

با حل این تناسب، خواهیم داشت :

$$۱/۱۲ \times ۴۴n = ۲۲/۴ \times ۱۱ \rightarrow n = \frac{۲۲/۴ \times ۱۱}{۱/۱۲ \times ۴۴} = ۵$$

یعنی هیدروکربن مورد نظر، پنتان $C_۵H_{۱۲}$ است.

تمرین ۱۷ــ ۲ــ یک هیدروکربن سیرشده به حالت گاز، ۸ برابر حجم خود اکسیژن برای سوختن کامل لازم دارد. فرمول مولکولی این هیدروکربن را معیّن کنید.

$$C_nH_{۲n+۲} + \frac{۳n+۱}{۲}O_۲ \rightarrow nCO_۲ + (n+۱)H_۲O$$

حجم هیدروکربن (لیتر)	حجم $O_۲$ (لیتر)
۲۲/۴ (حجم یک مول در شرایط استاندارد)	$\frac{۳n+۱}{۲} \times ۲۲/۴$
۱	۸

پس می‌توان نوشت،

$$\frac{۳n+۱}{۲} \times ۲۲/۴ = ۸ \times ۲۲/۴$$

و ازآنجا، $۳n+۱=۱۶$ و یا $n=۵$

هیدروکربن مورد آزمایش، پنتان است.

۲ــ۷ــ۳ــ واکنش‌های جانشینی در آلکان‌ها : در یک واکنش جانشینی، یک اتم (یا مجموعه‌ای از اتم‌ها) از مولکول اوّلیه جدا شده، و اتمی دیگر (یا مجموعه‌ای از اتم‌ها) جانشین آن می‌شود. اتم جایگزین شده در آلکان‌ها، هیدروژن است. شکل ۴ــ۲، خروج یک اتم هیدروژن (سفید) و جانشین شدن آن به وسیله یک اتم کلر (سرخ) را به نمایش می‌گذارد.

شکل ۴ــ۲ــ نمایشی برای یک واکنش جانشینی در آلکان‌ها

شرح تفصیلی این واکنش و چگونگی آن‌را درمبحث بعدی «کلردارکردن متان» خواهید دید.

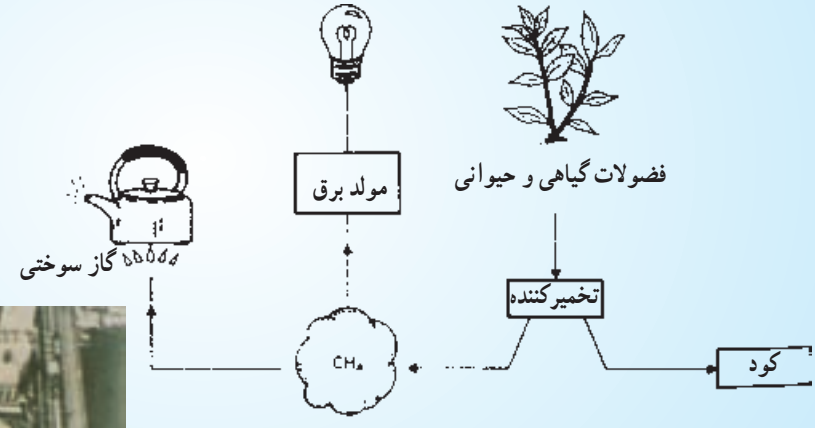
۸ــ ۲ــ گاز متان

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

۱ــ ۸ ــ۲ــ وجود در طبیعت و تولید آن: متان در حدود ۸۵ درصد گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد (در حدود ۱۰ درصد نیز گاز اتان و بقیّه پروپان، بوتان و اندکی نیتروژن است). نسبت متان و گازهای حاصل از تقطیر زغال سنگ در صنعت کُک‌سازی، ممکن است از ۵۰ درصد تجاوز کند. چون متان، محصول نهایی تجزیه و تخمیر گیاهان در غیاب هواست، از این رو در معادن زغال‌سنگ و در سطح مرداب‌ها مشاهده می شود. به همین علّت، گاهی آن را **گاز مرداب**[1] می نامند. بخش اعظم **زیست گاز**[2] که حاصل تخمیر فضولات گیاهی، جانوری و موادّ 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 ۵ــ۲ شمای ساده‌ی تهیّه زیست‌گاز را نشان می دهد. مهم‌تر بخش تأسیسات تهیّه آن دستگاه تخمیر است که موادّ تخمیر شدنی را دور از هوا تحت تأثیر باکتری‌های ویژه قرار می‌دهند. مادّه جامد باقیمانده را به عنوان کود سرشار از نیتروژن مورد استفاده قرار می‌دهند، شکل ۶ــ۲ــ نیز منظره‌ی هوایی، از یک تأسیسات بزرگ تولید زیست‌گاز از فاضلاب شهری است.



شکل ۵ــ۲ــ شمای ساده‌ای برای تولید مصرف زیست‌گاز

شکل ۶ــ۲ــ تأسیسات بزرگ تولید زیست‌گاز از فاضلاب شهری

۱ــ MARSH GAS ۲ــ BIO GAS

۲ــ۸ــ۲ــ برخی خواصّ فیزیکی گاز متان: متان، گازی بی رنگ، بی‌بو و از هوا سبکتر است. سنگینی آن نسبت به‌هوا، $d = \frac{M}{۲۹} = \frac{۱۶}{۲۹}$ است. مولکول متان غیرقطبی است و نیروهای جاذبه موجود میان مولکول‌های آن، درحالت مایع و جامد، از نوع نیروهای واندروالسی لاندن است. به علّت 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، درآب حل نمی شود. 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 ظرفیّت اتم مرکزی یک مولکول، نقش مهمّی در تعیین شکل آن مولکول دارند. برای رسیدن به یک الگوی نشاندهنده‌ی ساختار فضایی مولکول متان، به‌جاست که مفهوم نامبرده را بتدریج و مطابق شکل ۷ــ۲ بررسی کنیم. این شکل، نتایج سه آزمایش را با بادکنک‌های کوچک و نازک نشان می‌دهد. درصدد باشید که آن‌ها را درمنزل انجام دهید.

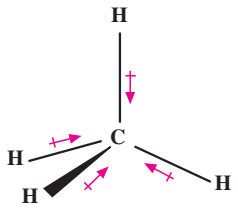
شکل ۷ــ۲

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 خطّ مستقیم قرار می‌گیرند و زاویه میان دو محور طولی آن‌ها ۱۸۰° است. سه بادکنک نیز، روی یک سطح قرار می‌گیرند که زاویه میان محورهای آن‌ها ۱۲۰° است. چهار بادکنک نیز درفضا به شکل یک هرم یا چهاروجهی منتظم درآمده که زاویه در این مورد $۱۰۹^\circ,۲۸'$ است. علّت 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 وضعیّت، پایداری به حداکثر ممکن می‌رسد.**

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

در مولکول $CH_۴$ نیز هرگاه چهار جفت الکترون لایه‌ی ظرفیت (چهار بارالکتریکی همنام) در راستای زاویه‌های $۱۰۹^\circ,۲۸'$ قرار بگیرند، حدّاکثر فاصله‌ی ممکن را از هم خواهند داشت، و مولکول به حدّاکثر پایداری خود می‌رسد. بنابراین، مولکول متان، مطابق شکل ۸ــ۲ ، به صورت یک چهاروجهی منتظم است، که اتم کربن در مرکز، و چهار اتم هیدروژن در چهارگوشه‌ی 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 ۲/۵ و هیدروژن ۲/۱ است. بنابراین، جفت‌الکترون مشترک در این پیوند، مطابق شکل ۹ــ ۲، اندکی به سوی اتم کربن کشیده می شود. به عبارت دیگر، سر کربنی پیوند اندکی منفی و سرهیدروژنی 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 ــ۲ــ مولکول متان، پیوندها قطبی ومولکول غیرقطبی است.

مطالعه‌ی آزاد

مروری برمدل‌های 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 ۹ــ۲ــ 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 این‌جا زوایای پیوندی با مقدار واقعی مطابقت دارند. از این الگو، بیشتر برای نشان دادن آرایش فضایی اتم‌ها در مولکول استفاده می‌شود.

الف

ب

شکل ۹ــ۲ــ الگوی گلوله و فنر (الف) و مدل بهم فشرده (ب) برای نمایش مولکول متان

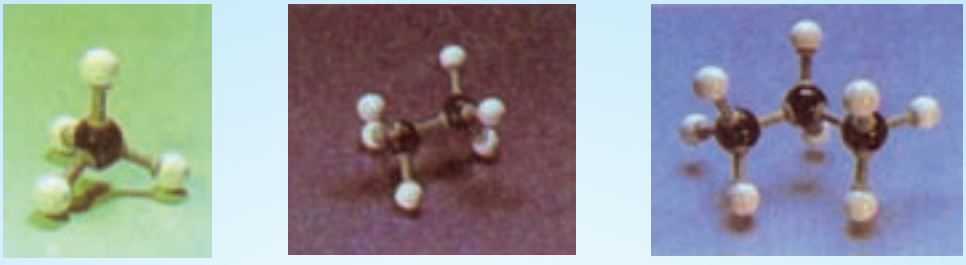
الگوی به هم فشرده: دراین مدل (شکل ۹ــ۲ــ ب)، که ممکن است از جنس پلاستیک ساخته شود :

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

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

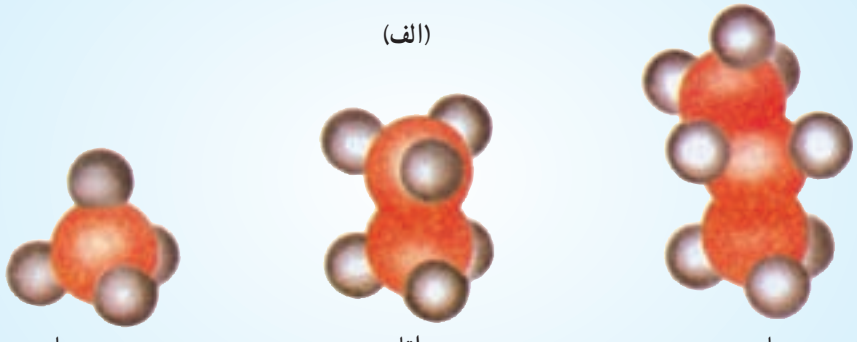
ج ــ طول نسبی پیوند را نیز رعایت می‌کنند.

با آشنا شدن با شکل فضایی مولکول متان و زوایای پیوندی آن، می‌توان کم و بیش به شکل فضایی هومولوگ‌های سنگین‌تر آن پی‌برد. شکل ۱۰ــ۲ــ ب، الگوهای گلوله و فنر و فضا پرکن را برای مولکول‌های متان، اتان و پروپان به معرض نمایش می‌گذارد.



پروپان　　اتان　　متان

(الف)



پروپان　　اتان　　متان

(ب)

شکل ۱۰ــ۲ــ الگوهای گلوله و فنر (الف) و به هم فشرده (ب) برای مولکول‌های متان ، اتان و پروپان

همان طور که قبلاً گفته شد همه‌ی زوایای پیوندی $C-C-C$ ، $H-C-C$ ، $H-C-H$ کم و بیش در حدود $۱۰۹/۵^\circ$ است.

۳ــ۸ــ۲ــ خواصّ شیمیایی متان: با توجّه به خواصّ شیمیایی آلکان‌ها، می‌توان پیش‌بینی کرد و مهم‌تر خواصّ شیمیایی گاز متان، سوختن و واکنش جانشینی با کلر است.

الف ــ سوختن متان: مخلوط یک حجم متان و دو حجم اکسیژن، به کمک شعله یا جرقّه منفجر می شود. به همین دلیل، گاهی در برخی معادن زغال سنگ، به علّت 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 توجّهی گرما تولید می‌شود. گرمای مولی سوختن متان، در حدود ۸۱۰ کیلو ژول است. به عبارت دیگر این مقدار گرما از سوختن یک مول از گاز متان به وزن ۱۶ گرم به دست می‌آید.

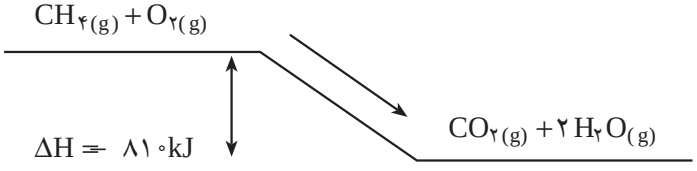
$$CH_{۴(g)} + ۲O_{۲(g)} \rightarrow CO_{۲(g)} + ۲H_۲O_{(g)} \qquad \Delta H = -۸۱۰kJ$$

چگونگی محاسبه‌ی مقدار گرمای سوختن متان با استفاده از جدول انرژی‌های پیوندی[1]

سوختن متان، نوعی واکنش میان گاز متان و اکسیژن است. بنابراین، برای محاسبه‌ی گرمای سوختن این گاز، از همان اصول کلّی محاسبه گرمای واکنش ــ که درمباحث شیمی عمومی آموخته‌اید ــ استفاده می کنید. این گرما حاصل تفاوت میان انرژی شیمیایی موادّ اوّلیه (یک مول متان و ۲ مول اکسیژن)، و محصول واکنش (یک مول کربن دی‌اکسید و ۲ مول بخار آب) به دست می‌آید. سطح

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

انرژی شیمیایی ذخیره شده در موادّ اوّلیه 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 موادّ اوّلیه است (شکل ۱۱ــ ۲). به همین دلیل، با انتقال از موادّ اوّلیه 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 ۱۱ــ ۲

$$\Delta H_{(\text{واکنش})} = \text{مجموع انرژی‌های پیوندی در موادّ اوّلیه} - \text{مجموع انرژی‌های پیوندی در محصولات عمل}$$

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

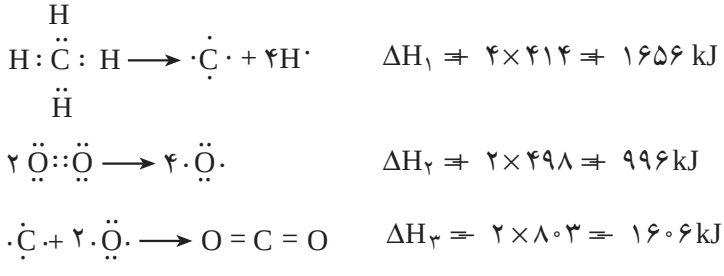
ــ میانگین انرژی مصرف شده برای شکستن هر یک از پیوندهای $C-H$ در $CH_۴$، برابر $\Delta H_۱ = +۴۱۴kJ$ است.

ــ انرژی پیوندی مصرف شده برای شکستن پیوند $O=O$ در مولکول $O_۲$ ، برابر $\Delta H_۲ = +۴۹۸kJ$ است.

ــ انرژی پیوندی آزاد شده از تشکیل هر یک از پیوندهای $C=O$ در مولکول $CO_۲$، برابر $\Delta H_۳ = -۸۰۳kJ$ است.

ــ انرژی پیوندی آزاد شده از تشکیل هر یک از پیوندهای $O-H$ در مولکول $H_۲O$، برابر $\Delta H_۴ = -۴۶۴kJ$ است.

توجّه شود که ساختار مولکول $CO_۲$ به صورت $O=C=O$ است و دارای ۲ پیوند $C=O$ می‌باشد. هم‌چنین ساختار مولکول $H_۲O$ به صورت $H-O-H$ بوده و دارای ۲ پیوند $O-H$ است.



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

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = (\Delta H_۱ + \Delta H_۲) + (\Delta H_۳ + \Delta H_۴)$$

$$= (+۱۶۵۶ + ۹۹۶) + (-۱۶۰۶ - ۱۸۵۶)$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = -۸۱۰kJ$$

چنان‌که ملاحظه می‌شود، سوختن متان، یک واکنش گرماده است که در آن، واکنش مقداری انرژی از دست می‌دهد و به همین علّت ΔH منفی است.

سوختن ناقص متان: از سوختن ناقص متان در هوای محدود، دوده[1] تولید می‌شود.

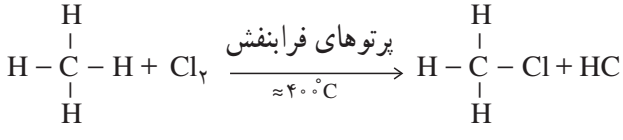
$$CH_4 + O_2 \rightarrow 2H_2O + C \text{ (دوده)}$$

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

ب ــ 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 اهمیّت زیادی برخوردار است. موادّ حاصل از هالوژندار کردن آلکان‌ها، هالوآلکان و یا آلکیل هالید نام دارند. مثال ساده هالوژن‌دار کردن آلکان‌ها، کلردار کردن متان است.

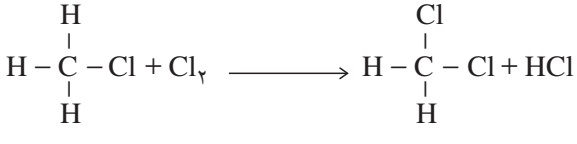
مخلوط گاز متان و کلر در تاریکی و در دمای معمولی با هم هیچ گونه واکنشی نمی‌دهند. ولی هرگاه این مخلوط را تا دمای نزدیک به $400^\circ C$ گرما دهیم، و یا این‌که آن را در معرض پرتوهای فرابنفش با طول موج مناسب قرار دهیم، بتدریج از شدت رنگ زرد مایل به سبز کلر کاسته می شود و واکنش شدیدی میان این دو گاز انجام می‌گیرد. نخستین مادّه‌ای که از این واکنش به دست می‌آید، کلرومتان و یا کلریدمتیل است.

در تشکیل این مادّه، یک اتم هیدروژن از متان جدا می شود، و یک اتم کلر جانشین آن می‌گردد. این واکنش را **واکنش جانشینی** می‌نامند. مادّه دیگر حاصل در این واکنش، گاز هیدروژن کلرید است.

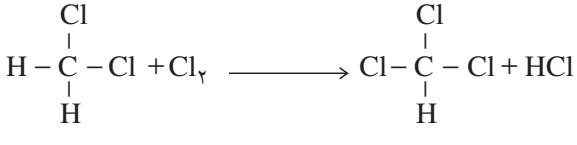


کلرومتان

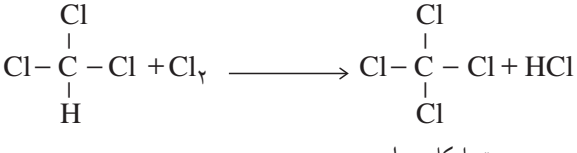
ولی این واکنش جانشینی در این‌جا متوقّف نمی‌شود و معمولاً به صورت زیر ادامه پیدا می‌کند.



دی کلرومتان



تری کلرومتان



تترا کلرومتان

۱ــ CARBON BLACK

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

$$CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} CHCl_3 \xrightarrow{Cl_2} CCl_4$$

کلرومتان — دی کلرومتان — تری کلرومتان — تتراکلرومتان

یا متیل کلرید — یا متیلن دی کلرید[1] — یا کلروفرم — یا کربن تتراکلرید

محصول عملی واکنش میان متان و کلر، مخلوطی از چهار مادّه مزبور است که هریک کاربردهای مهمّی در شیمی صنعتی دارند. چون دماهای جوش این مواد متفاوت است، می‌توان آن‌ها را به روش تقطیر جزءبه‌جزء، از یکدیگر جدا کرد.

گاز کلر با هیدروکربن‌های دیگر نیز، به همین شیوه واکنش جانشینی انجام می‌دهد. برای مثال، واکنش آن با گاز اتان درمرحله‌ی اوّل، به قرار زیر است :

$$CH_3CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3CH_2Cl + HCl$$

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 پی‌بردن به چگونگی این واکنش ونقش پرتوهای فرابنفش یا افزایش دما دراین عمل، به‌جاست 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**[2] نام دارد.

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

بنابراین، منطقی به نظرمی‌رسد که تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش (یا گرم کردن مخلوط دو گاز)، ابتدا پیوند $Cl-Cl$ ، مطابق شکل ۱۲ــ۲، به دو اتم کلر شکسته شود. این عمل به ۲۴۳ کیلوژول انرژی، برای شکستن یک مول از این پیوندها نیاز دارد.

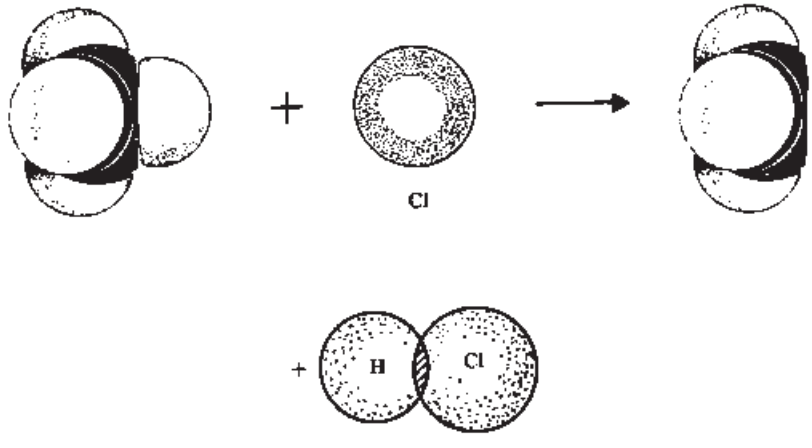
$$:\ddot{\underset{..}{Cl}}-\ddot{\underset{..}{Cl}}: \xrightarrow{h\nu} :\ddot{\underset{..}{Cl}}\cdot + \cdot\ddot{\underset{..}{Cl}}:$$

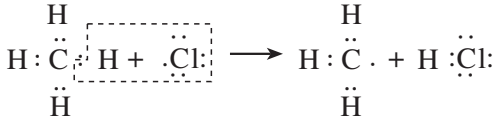
شکل ۱۲ــ ۲ــ یک مولکول Cl_2 به کمک انرژی به دو اتم Cl تفکیک می‌شود.

۱ــ گروه $-CH_2-$ را گروه متیلن می‌نامند.

۲ــ REACTION MECHANISM

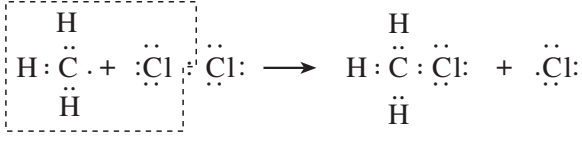
هر اتم کلر، دارای ۷ الکترون در سطح ظرفیّت است و یکی از آن‌ها به صورت فرد و (جفت نشده) است. انرژی این اتم زیاد است و این خود، عامل اصلی زیاد بودن فعّالیت شیمیایی آن است. معمولاً یک اتم و یا گروهی متشکّل از چند اتم را که دارای الکترون فرد باشند «**رادیکال آزاد**[1]» می نامند. رادیکال آزاد کلر، هنگامی که به مولکول متان نزدیک شود، می‌تواند، مطابق شکل ۱۳ــ ۲، یک اتم هیدروژن از آن بگیرد، و هیدروژن کلرید (HCl) همراه با رادیکال آزاد متیل (CH_3.) ایجاد کند.





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

مولکول متان، بدین‌ترتیب به رادیکال آزاد متیل تبدیل می‌شود که خود دارای یک الکترون فرد است. این رادیکال، بسیار فعّال 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.



بدین‌وسیله، 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، مجدّداً 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**[2]، **واکنشی است که شامل زنجیره‌ای از تبدیل‌های متوالی می باشد. پیشرفت این تبدیل‌ها، از طریق تشکیل رادیکال آزاد است.**

با پیشرفت واکنش زنجیره‌ای، به‌تدریج بر غلظت محصول (مانند CH_3Cl) افزوده شده، از غلظت متان کاسته می‌شود. از

۱ــ FREE RADICAL ۲ــ CHAIN REACTION

طرفی، چون رادیکال‌های آزاد $CH_3.$ و Cl بسیار فعّال هستند، ممکن است به گونه‌های دیگری درواکنش شرکت کنند، مثلاً

مولکول کلر $:\ddot{Cl}.+.\ddot{Cl}:\rightarrow:\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:$

مولکول متیل کلرید $:\ddot{Cl}.+.CH_3\rightarrow:\ddot{Cl}:CH_3$

مولکول اتان $.CH_3+.CH_3\rightarrow CH_3:CH_3$

این واکنش‌ها، موجب ازبین‌رفتن رادیکال‌های آزاد می‌شوند و در نتیجه، واکنش زنجیره‌ای متوقّف می گردد.
سایر واکنش‌های زنجیره‌ای نیز، مانند واکنش زنجیره‌ای فوق طیّ سه مرحله زیر انجام می‌شوند :

۱ــ مرحله‌ی آغازی[۱]

$$:\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:\rightarrow:\ddot{Cl}.+.\ddot{Cl}:$$

۲ــ مرحله‌ی انتشار[۲]

$$\begin{cases} :\ddot{Cl}.+CH_4\rightarrow HCl+.CH_3 \\ :\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:+.CH_3\rightarrow:\ddot{Cl}:CH_3+:\ddot{Cl}. \end{cases}$$

۳ــ مرحله پایانی[۳]

$$\begin{cases} :\ddot{Cl}.+.\ddot{Cl}:\rightarrow:\ddot{Cl}:\ddot{Cl}: \\ H_3C.+.CH_3\rightarrow H_3C:CH_3 \\ H_3C.+.\ddot{Cl}:\rightarrow H_3C:Cl \end{cases}$$

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 ــ با توجّه به انرژی‌های پیوندی ذکر شده در معادله‌ی زیر با واحد کیلوژول برمول ــ که از ضمیمه‌های آخر کتاب گرفته شده است ــ ΔH واکنش کلّی کلردار کردن متان را محاسبه کنید و توضیح دهید که این واکنش گرماده یا گرماگیر است؟

$$CH_3\underset{\uparrow\ ۴۱۴}{-}H+Cl\underset{\uparrow\ ۲۴۳}{-}Cl\rightarrow CH_3\underset{\uparrow\ ۳۳۹}{-}Cl+H\underset{\uparrow\ ۴۳۱}{-}Cl$$

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

$$CH_4+۲Cl_2\xrightarrow{\text{واکنش انفجاری}}C+۴HCl$$

چنین واکنشی به علّت آن‌که کلیّه پیوندهای ساختار چهاروجهی مولکول متان درهم می‌ریزد، اصطلاحاً **واکنش تخریبی**[۴] نامیده می‌شود. بنابراین، در عمل نمی‌توان این واکنش را یک واکنش جانشینی کلردار کردن متان به حساب آورد.

۱ــ INITIATION STEP
۲ــ PROPAGATION STEP
۳ــ CHAIN TERMINATION STEP
۴ــ DESTRUCTIVE REACTION

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

$$F_2 > Cl_2 > Br_2$$

یُد 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.

۹ــ ۲ــ نامگذاری مشتقّات 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 اوّلیه را قبلاً بررسی کرده‌ایم. در این نامگذاری، **نام آلکیل هالید، تابع نام گروه آلکیل است.** مانند متیل یدید(CH_3I) ، n _ پروپیل‌برومید ($CH_3CH_2CH_2Br$) ، ایزوپروپیل فلوئورید $(CH_3)_2CH-F$ و n _ بوتیل کلرید $(CH_3(CH_2)_3-Cl)$

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 :

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

۲ــ نام شاخه‌ی هالوژنی را بر حسب نوع هالوژن، به صورت زیر درنظر می‌گیریم :

فلوئورو F– ، کلرو Cl– ، برمو Br– و یدو I–

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

۴ــ حقّ تقدم در ذکر **نام شاخه** جانبی بر اساس حروف الفبای لاتین است. برای مثال،

الف ــ CH_3-Cl کلرو متان

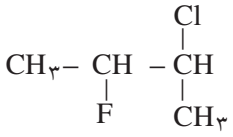
ب ــ $CH_3-\underset{}{\overset{Cl}{CH}}-\overset{Cl}{CH}-CH_3$ ۲، ۳ ــ دی‌کلرو بوتان

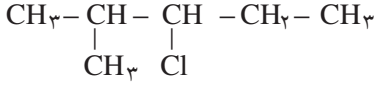
ج ــ $CH_3-\overset{Cl}{CH}-CH_2-Br$ ۱ــ برمو ــ ۲ــ کلرو پروپان

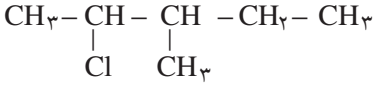
د ــ $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-\underset{Cl}{\overset{CH_3}{CH}}-H$ ۲ کلرو ــ ۳ــ متیل بوتان

هـ ــ $CH_3-CH_2-\overset{Br}{CH}-CH_2-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3$ ۴ــ برمو ــ ۲،۲ــ دی متیل هگزان

تمرین ۱۸ــ ۲ــ ترکیب‌های زیر را نامگذاری کنید.

الف ــ


ب ــ


ج ــ


۱۰ــ ۲ــ برخی کاربردهای صنعتی مشتقّات هالوژن‌دار آلکان‌ها

همه‌ی مشتقّات هالوژن‌دار متان، کاربردهای فراوانی در صنعت و زندگی روزمرّه دارند. برای مثال،

نام هالومتان	مهم‌ترین کاربردها
کلرومتان CH_3Cl	این مادّه، 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 CH_2Cl_2	این مادّه همراه با تری‌کلرومتان و تتراکلرومتان، به عنوان حلاّل در صنایع شیمیایی به کار می‌رود.
تری‌کلرومتان $CHCl_3$	نام متعارف آن کلروفرم است. این مایع، زمانی به عنوان هوشبر به کار می‌رفت. تنفّس بیش از اندازه‌ی آن، مرگ‌آور است. فعلاً در فهرست موادّ سرطان‌زا[1] قرار دارد، و کاربرد آن در صنایع دارویی، آرایشی و غیره ممنوع است.
تتراکلرو متان CCl_4	نام متعارف آن کربن تتراکلرید است. افزون بر کاربرد مهمّ آن به عنوان حلاّل صنعتی، در گذشته در آتش‌نشانی نیز به کار می‌رفت. بخارات سنگین این مادّه، آتش‌گیر نیستند و با نشستن بر روی موادّ سوختنی، هوا را از آن‌ها دور می‌سازند

تمرین ۱۹ــ ۲ــ چگالی بخار تتراکلرومتان را نسبت به هوا حساب کنید. وزن یک لیتر هوا در دما و فشار استاندارد ۱/۲۹۳ گرم است.

۱ــ CARCINOGEN یاسرطان‌زا (منظور آن است که برحسب پژوهش‌های آماری، افرادی که همیشه با این مادّه سروکار دارند، به نسبت بیشتری در معرض ابتلا به سرطان هستند).

مطالعه‌ی آزاد

۱۱ــ۲ــ مشتق‌های هالوژن‌دار آلکان‌ها و محیط‌زیست

مشتقّات هالوژن‌دار متان، یکی از حادترین مسایل زیست‌محیطی را برای کره زمین به وجود آورده است. این مواد پرمصرف، نسبت به عوامل طبیعی از قبیل اکسیژن هوا، نور خورشید و باکتری‌های تجزیه‌کننده‌ی مواد، مقاوم هستند. یکی از معروف‌ترین آن‌ها، حشره‌کش د.د.ت است. این مادّه‌ی سمّی در آب حل نمی‌شود ولی می‌تواند جذب چربی بدن پرندگان و سایر جانوران و انسان گردد. کاربرد مهم دیگر، برای مشتقّات هالوژن‌دار متان، مصرف وسیع آن به عنوان «پیشران» در انواع افشانه‌هاست. مادّه به کار رفته از نوع **فرئونها**[1] ست (مانند CCl_2F_2 و CCl_3F) که به طور کلّی آن‌ها را سی.اف.سی[2] یا کلروفلوئورو کربن می‌نامند، که به عنوان حلاّل صنعتی، هم‌چنین به عنوان گاز سردکننده در دستگاه‌های تهویه و یخچال‌ها به کار می‌روند. مُصیبت فعلی حاصل از کاربرد این مواد، رقیق‌شدن 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.[3] یکی از عواقب بد این کار، افزایش نسبت ابتلا به سرطان پوست است. با همّت جنبش‌های جهانی حفاظت محیط زیست و تصویب کنگره‌ی جهانی مربوط در سال ۱۹۹۰، مقرّر گردید که کُلیّه تأسیسات و کارخانجات صنعتی جهان تا سال ۲۰۰۰ ، خود را آماده انصراف از کار برد این مواد بنمایند. دراین راه، صدها میلیون دلار اعتبار برای پژوهش وکشف موادّ جایگزین[4] تأمین شده و می‌شود.

۱ــ FREONS

۲ــ CFC یا CHLORUFLUOROCARBON

۳ــ کلروفلوئور و کربن‌ها مطابق مکانیسم خاصّ، گاز اوزون را به گاز اکسیژن تبدیل می کنند.

$$2O_3 \rightarrow 3O_2$$

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

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

$$CF_2CL_2 \xrightarrow{\text{انرژی پرتوهای فرابنفش}} CF_2Cl^{\cdot} + Cl^{\cdot} \qquad (1)$$

$$Cl^{\cdot} + O_3 \rightarrow O_2 + ClO^{\cdot} \qquad (2)$$

$$ClO^{\cdot} + O^{\cdot} \rightarrow O_2 + Cl^{\cdot} \qquad (3)$$

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 بدین‌سان واکنش زنجیری رادیکالی برای چندمین بار تکرار می‌شود. رادیکال آزاد اکسیژن $O^{\cdot}$ در این واکنش، از اثر پرتوهای پرانرژی فرابنفش بر مولکول‌های O_2 پدید می‌آید.

$$O_2 \xrightarrow{\text{انرژی پرتوهای فرابنفش}} 2O^{\cdot}$$

۴ــ یک مادّه جایگزین که تحت مطالعه و بررسی است، ۱، ۱، ۱، ۲ ــ تترافلوئور و اتان $F-\underset{F}{\overset{F}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-F$ است که فاقد کلر می‌باشد.

پرسش و تمرین

۱ــ مفاهیم زیر را تعریف کنید.

الف ــ هیدروکربن، ب ــ پارافین، ج ــ هومولوگ، د ــ فرمول تجربی، هــ ــ فرمول مولکولی، و ــ فرمول ساختاری، ز ــ ایزومری

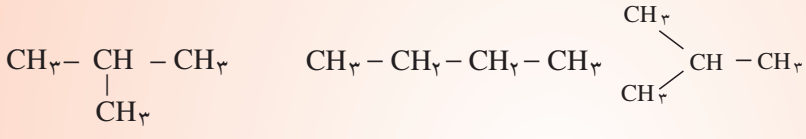
۲ــ در سری هیدروکربن‌های سیرشده، با افزایش تعداد اتم‌های کربن، چه تغییری در خواصّ فیزیکی پیش می‌آید؟

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

۴ــ کدامیک از هیدروکربن‌های زیر سیرشده است؟

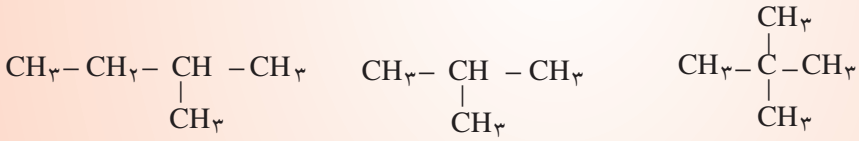
$C_{24}H_{50}$, $C_{10}H_{20}$, $C_{12}H_{26}$, C_7H_{14}

۵ــ چند مادّه شیمیایی، به وسیله فرمول‌های زیر توصیف شده است؟



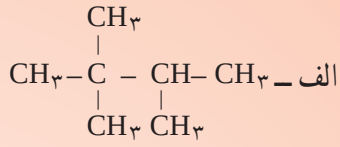
۶ــ فرمول ساختاری همه‌ی ایزومرهای هگزان را بنویسید ونامگذاری کنید.

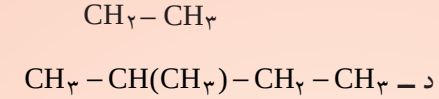
۷ــ ایزومرها را در میان موادّ زیر مشخّص کنید.



۸ــ فرمول الکترون نقطه‌ای $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ را رسم کنید.

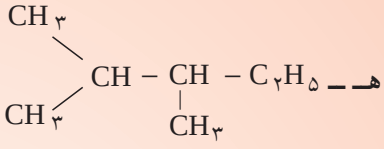
۹ــ موادّ زیر را مطابق دستور ایوپاک، نامگذاری کنید.

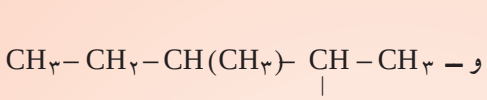
الف ــ 

ب ــ 

ج ــ $(CH_3)_2CH-C_2H_5$

د ــ $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$

هـ ــ 

و ــ 

۱۰ــ فرمول ساختاری موادّ زیر را رسم کنید.

الف ــ ۳ــ اتیل هپتان　　ب ــ ۲، ۴ــ دی‌متیل هگزان

ج ــ ۳ ــ اتیل ــ ۲ــ متیل هپتان

۱۱ــ فرمول مولکولی هیدروکربنی را بنویسید که شامل ترکیب درصد وزنی ۸۲/۸٪ کربن است. چگالی این مادّه در شرایط استاندارد ۲/۵۹ گرم بر لیتر است.

۱۲ــ 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 مشخّص کنید.

۱۳ــ با شکستن پیوند $C-H$ و تشکیل رادیکال‌های آزاد، تعداد الکترون‌های لایه‌ی ظرفیّت در اتم کربن به چه‌قدر می‌رسد؟ در هیدروژن چه‌طور؟

۱۴ــ اثر بُرم بر متان، مانند اثر کلر بر آن است. معادله‌ی واکنش‌های متوالی بُرم‌دار کردن متان را بنویسید.

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

۱۶ــ گاهی در پایان واکنش کلردار کردن متان، به پیدایش اندکی اتان پی‌می‌بریم، علّت چیست؟

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

۱۸ــ حجم هوای لازم برای سوختن کامل ۳ مول متان و ۲۰ لیتر اتان، چه‌قدر است؟

۱۹ــ فرمول ساختاری ۲ هومولوگ و دو ایزومر را برای مادّه‌ای به فرمول $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ بنویسید.

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

اوّلاً، فرمول ساختاری آن را بنویسید.

ثانیاً، فرمول الکترون نقطه‌ای آن را ترسیم کنید.

ثالثاً، دو مورد دیگر از کاربردهای آن را بنویسید.

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

۲۲ــ 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.

(تمرین حل شده ۱۴ــ۲ را در صفحه ۲۲ ببینید)

۲۳ــ ۴/۳ گرم از آلکان A را به‌طور کامل در اکسیژن می‌سوزانیم. در نتیجه، ۱۳/۲ گرم کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. فرمول ساختاری ایزومرهای آلکان A و نام آیوپاک هر یک را بنویسید.

۲۴ــ وزن کربن دی‌اکسید به‌دست آمده از سوختن کامل هیدروکربن B در اکسیژن، سه برابر وزن هیدروکربن اوّلیه است. فرمول ساختاری هیدروکربن B را بنویسید.

۲۵ــ به کمک نام‌های زیر می‌توان ساختارهایی بدون ابهام رسم کرد. امّا بعضی از این نام‌ها به روش نامگذاری آیوپاک قابل قبول نیستند. نام صحیح آن‌ها را به روش آیوپاک بنویسید.

الف ــ ۲ــ اتیل پنتان

ب ــ ۲ــ متیل ــ ۴ــ کلروپنتان

ج ــ ۳ــ اتیل پنتان

د ــ ۲، ۲ــ دی متیل ــ ۳ــ پروپیل پنتان