پودمان ۴

شیمی ترکیبات آلی

شیمی آلی برای همهٔ قلمروهای زندگی ما اهمیّت حیاتی دارد. لباس‌هایی که می‌پوشیم، انواع موادغذایی و دارویی که مصرف می‌کنیم، رنگ‌ها، پاک‌کننده‌ها و بسیاری مواد بهداشتی معجزه‌گر، اسباب‌بازی‌ها و ظروف پلاستیکی، نوشابه‌ها، مواد دفع آفات همه از مواد آلی ساخته می‌شوند. تقریباً همه فعالیت‌های حیاتی در زندگی انسان و سایر مخلوقات، بر واکنش‌های ترکیب‌های آلی استوار است. هرگاه از این ترکیب‌ها و واکنش‌های آنها برخوردار نبودیم، کرهٔ زمین نیز همچون کرهٔ ماه، سرزمینی فاقد حیات بود.

۱ـ۴ـ فراوانی ترکیب‌های آلی

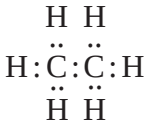
شیمی آلی، شیمی ترکیب‌های کربن است. اتم کربن در میان بیش از یک‌صد عنصر جدول تناوبی ویژگی‌های بی‌نظیری از نظر گوناگونی و پیچیدگی ترکیب‌های خود دارد.

چرا عنصر کربن همچون سایر عنصرهای جدول تناوبی نیست؟ چرا این عنصر قادر به ایجاد انبوه مواد آلی با آن همه تفاوت در خواص است؟ پاسخ به این پرسش‌ها را می‌توان با مطالعه ساختار اتمی کربن که دارای ۴ الکترون ظرفیت است، همچنین کوچک‌بودن اندازهٔ اتم و داشتن الکترونگاتیوی در حد میانه، توجیه کرد. این ویژگی‌ها موجب پیدایش دو خاصیت عمومی زیر است:

امکان تشکیل پیوندهای محکم کربن ـ کربن

هر یک از الکترون‌های لایهٔ ظرفیت کربن می‌توانند با عنصرهای دیگر از راه به اشتراک گذاشتن الکترون و تشکیل پیوند کووالانسی، لایهٔ الکترونی خود را کامل کنند. هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن از جمله عنصرهایی هستند که قادرند، با کربن پیوند تشکیل دهند. یک اتم کربن می‌تواند در ترکیبات به تنهایی حداکثر چهار زوج الکترون به همراه داشته باشد. این اتم در ترکیب با ۴ اتم هیدروژن که هر یک از آنها یک الکترون دارند، می‌تواند ساده‌ترین و کوچک‌ترین مولکول آلی شامل یک کربن را به‌صورت متان (CH_4) پدید آورد.

لیکن بارزترین ویژگی که اتم کربن را از بسیاری عنصرها متمایز می‌سازد، قابلیت به اشتراک گذاشتن الکترون با سایر اتم‌های کربن و ایجاد پیوندهای کووالانسی محکم کربن ـ کربن است. برای مثال، به ساختار دومین مولکول آلی از نظر سادگی، معروف به اتان (C_2H_6) توجّه کنید:



پدیدهٔ تشکیل پیوند ساده و محکم C ـ C، ممکن است ادامه یابد و مولکول‌هایی با زنجیرهای بلند پدید آورد که نمونه‌های آن‌را در خانوادهٔ بزرگی از ترکیب‌های آلی به نام آلکان مطالعه خواهید کرد. در عین حال، دو اتم کربن می‌توانند دو جفت الکترون به اشتراک بگذارند و پیوند کووالانسی دوگانه (C=C) پدید آورند که در این حالت خانوادهٔ دیگری از ترکیب‌های آلی به نام «آلکن» تشکیل می‌شود.

همچنین دو اتم کربن، می‌توانند سه جفت الکترون به اشتراک گذاشته و پیوند کووالانسی سه گانه (C≡C) به‌وجود آورند که در این‌صورت خانوادهٔ آلکین‌ها را خواهیم داشت.

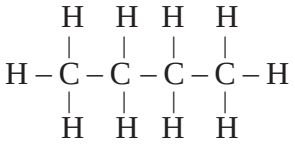
امکان پیدایش ایزومرها

یک فرمول در شیمی معدنی، معمولاً نشان‌دهندهٔ یک ماده با ویژگی‌های خاص آن است. مثلاً فرمول H_2SO_4 فقط نمایندهٔ یک ماده به نام سولفوریک‌اسید است. درصورتی که یک فرمول مولکولی در شیمی آلی، معمولاً نشان‌دهندهٔ یک یا چندین ترکیب با خواص مختلف است. برای مثال، آزمایش نشان می‌دهد که دو نوع ماده با فرمول مولکولی C_4H_{10} وجود دارد که از نظر برخی خواص با یکدیگر تفاوت دارند. جدول (۱ـ۴)، برخی ویژگی‌های فیزیکی این دو ماده را نشان می‌دهد.

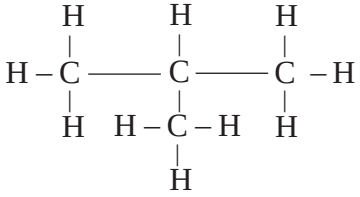
جدول (۱ـ۴) برخی خواص فیزیکی دو ماده با فرمول مولکولی $C_۴H_{۱۰}$

خاصیت فیزیکی	مادهٔ شماره ۱ ($C_۴H_{۱۰}$ فرمولی مولکولی)	مادهٔ شماره ۲ ($C_۴H_{۱۰}$ فرمولی مولکولی)
دمای ذوب	ـ۱۲۸° C	ـ۱۵۹° C
دمای جوش	ـ۰/۵° C	ـ۱۲° C
چگالی مایع (در ـ۲۰° C)	۰/۵۹۹° g/cm³	۰/۵۵۷° g/cm³
میزان حل شدن در ۱۰۰۰ mL الکل معمولی	۱۸۱۳ mL	۱۳۲۰ mL

چگونه می‌توان این واقعیت‌ها را توجیه کرد؟ با توجّه به تأثیر ساختار یک ماده بر خواص آن، آیا می‌توان چنین فرض کرد که این دو ماده ساختار متفاوت دارند؟ هرگاه درصدد باشیم که آرایش‌های ممکن را برای مولکول $C_۴H_{۱۰}$ به‌صورت گسترده روی کاغذ بیاوریم، مشاهده خواهیم کرد که ضمن رعایت ۴ ظرفیتی بودن کربن و یک ظرفیتی بودن هیدروژن، دو امکان وجود دارد:



طرح ساختاری الف

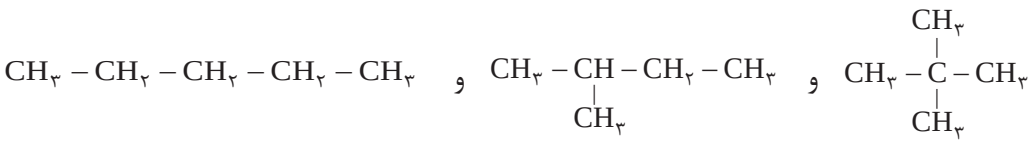


طرح ساختاری ب

با کم‌کردن یک اتم کربن از زنجیرهٔ بدون شاخه طرح «الف»، و تشکیل شاخهٔ جانبی، طرح «ب» به‌وجود می‌آید. تحقیق تجربی، صحت وجود این دو طرح ساختاری را تأیید کرده و نشان می‌دهد که طرح ساختاری «الف» با فرمول ساختاری مادهٔ شماره ۱ و طرح ساختاری «ب» با فرمول ساختاری مادهٔ شماره ۲، در جدول مطابقت دارد. **موادی که دارای فرمول مولکولی یکسان هستند، ولی دارای فرمول‌های ساختاری و خواص متفاوت می‌باشند، ایزومر یا همپار[۱] نامیده می‌شوند.**

ترکیبات آلکان سه کربنه (پروپان)، ایزومر ندارد. ترکیبات آلکان چهار کربنه (بوتان)، ۲ ایزومر و ترکیبات آلکان پنج کربنه (پنتان)، ۳ ایزومر ساختاری دارد. هرچه بر تعداد اتم‌های کربن در مولکول، افزوده شود، تعداد ایزومرها بیشتر می‌شود.

ایزومرهای پنتان را می‌توان چنین رسم کرد:



۱ـ Isomer

پرسش

۱ چرا تعداد ترکیب‌های آلی به میلیون‌ها می‌رسد، در صورتی که تعداد عنصرهای تشکیل‌دهندهٔ این مواد بسیار محدود است؟

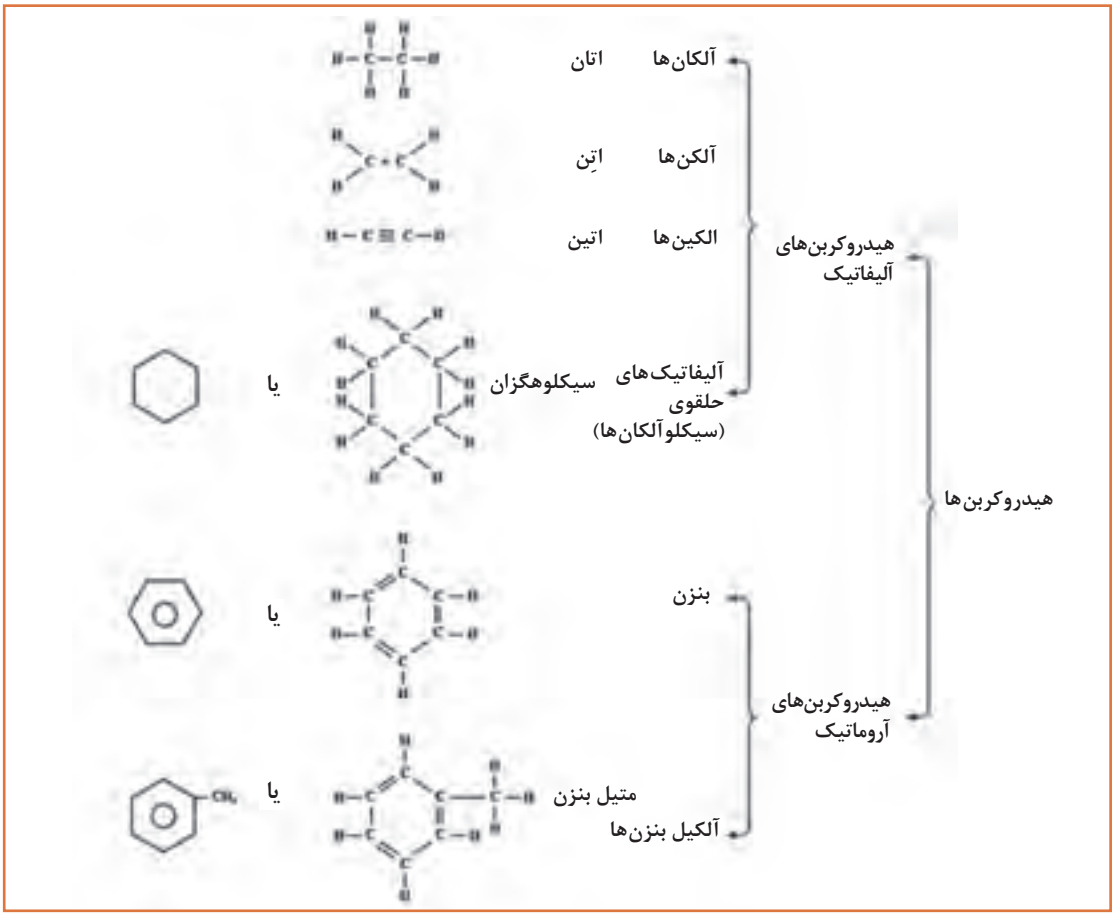
۲ نام سه مادهٔ آلی مهّم موجود در محیط زندگی را که در طبیعت وجود دارند، و سه مادهٔ دیگر را که به‌طور مصنوعی تهّیه می‌شوند، نام ببرید.

۲ـ۴ـ طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها

هیدروکربن‌ها گروه بزرگی از مواد آلی هستند که فقط شامل هیدروژن (هیدرو) و کربن می‌باشند. ملاک علمی طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها، براساس نوع پیوندهای کربن ـ کربن و شکل ساختاری مولکول‌های آنهاست. به‌طور کلی هیدروکربن‌ها به دو دستهٔ بزرگ هیدروکربن‌های آلیفاتیک و هیدروکربن‌های آروماتیک تقسیم‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی کلی هیدروکربن‌ها، به‌صورت نمودار در شکل (۱ـ۴) ارائه شده است. (این نمودار صرفاً به‌منظور آشنایی هنرجویان است و نیاز به حفظ کردن آن نمی‌باشد).

تحقیق کنید

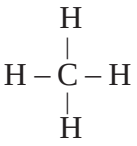
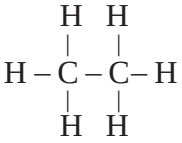
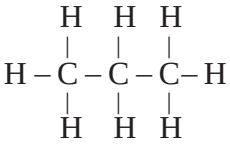
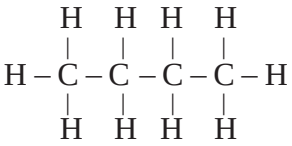
با توجّه به شکل (۱ـ۴) در مخلوط نفت خام کدام‌یک از هیدروکربن‌های نام‌برده وجود دارند؟



شکل (۱ـ۴) طبقه‌بندی کلی هیدروکربن‌ها

۳ـ۴ـ آلکان‌ها

آلکان‌ها، هیدروکربن‌هایی هستند که به‌صورت گاز، مایع و جامد در نفت خام وجود دارند. آلکان‌ها ترکیب‌هایی از هیدروژن و کربن هستند که هر اتم کربن در آنها به‌وسیلهٔ چهار پیوند کووالانسی ساده، و از طریق چهار جفت الکترون با چهار اتم دیگر پیوند دارند. از این‌رو به آلکان‌ها هیدروکربن‌های سیرشده اطلاق می‌شود. به مثال‌های زیر که مربوط به چهار آلکان اولیه است، توجّه کنید:

نام	فرمول مولکولی[۱]	فرمول ساختاری (پیوندها به‌صورت جفت الکترون مشترک)	فرمول ساختاری[۲] (پیوندها به‌صورت خط فاصله)
متان	CH_4		
اتان	C_2H_6		
پروپان	C_3H_8		
بوتان	C_4H_{10}		

تحقیق

در گاز طبیعی کدام یک از هیدروکربن‌های جدول بالا وجود دارد؟

۱ـ فرمول مولکولی: نشان‌دهندهٔ نوع عنصرها و تعداد اتم‌های هر عنصر در یک مولکول است.
۲ـ فرمول ساختاری: نشان‌دهندهٔ نوع عنصرها و تعداد اتم‌های هر عنصر در یک مولکول است و هم نشان‌دهندهٔ موقعیت اتم‌ها یا گروه‌های چند اتمی نسبت به یکدیگر در مولکول می‌باشد.

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

۱ هر اتم کربن به‌وسیله چهار پیوند کووالانسی ساده با چهار اتم مجاور پیوند یافته است. چون هر چهار ظرفیت اتم کربن به‌وسیلهٔ چهار اتم دیگر اشغال شده، بنابراین، جایی برای ترکیب اضافی با اتم دیگر وجود ندارد. به همین دلیل، این هیدروکربن‌ها سیرشده یا اشباع‌شده[۱] نامیده می‌شوند، و بنابر قرارداد، نام آلکان[۲] به آنها اطلاق می‌شود.

۲ تفاوت هر عضو از این مجموعه، با عضو قبلی یا بعدی در یک «$-CH_2-$» است. این نوع ترکیب‌ها را که تفاوت آنها در یک یا چند ($-CH_2-$) است، سری هم‌رده[۳] (هم‌رده) می‌نامند. چهار هیدروکربن متان، اتان، پروپان و بوتان هم‌رده یکدیگر هستند. هم‌رده‌ها (هم‌رده‌ها) در هر خانواده‌ای از ترکیب‌های آلی وجود دارند، و در هر مورد، هر عضوی با عضو بعدی یا قبلی خود، در یک $-CH_2-$ اختلاف دارد.

۳ 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 $2n$ خواهد بود. از طرفی چون متان که نخستین عضو این خانواده است، خود دو اتم هیدروژن بیشتر از $-CH_2-$ دارد، پس می‌توان فرمول کلی هیدروکربن‌های این خانواده را $(CH_2)_n+2H$ نوشت. این فرمول را به‌سادگی به‌صورت C_nH_{2n+2} می‌نویسند. یعنی در این هیدروکربن‌ها، تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول، ۲ اتم بیشتر از ۲ برابر تعدا اتم‌های کربن است. با این ترتیب، در خانوادهٔ آلکان‌ها بعد از بوتان، ترکیبی به فرمول C_5H_{12} خواهیم داشت ($n=5$ است، پس $H=2\times5+2=12$ خواهد بود) این هیدروکربن، پنتان نام دارد.

تمرین

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

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

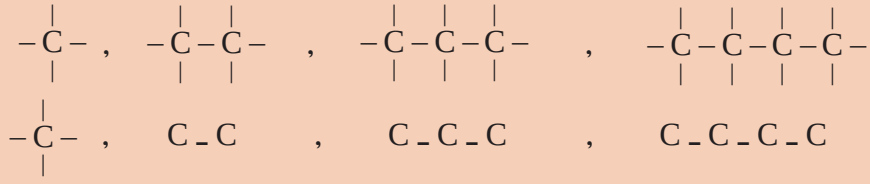
یادآوری

برای صرفه‌جویی در کاغذ، همچنین آسان‌کردن فرمول‌نویسی، به‌جای فرمول ساختاری گسترده می‌توان فرمول این مواد را «به‌صورت متراکم» نوشت:

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

CH_4 , $CH_3\,CH_3$, $CH_3\,CH_2\,CH_3$, $CH_3\,CH_2\,CH_2\,CH_3$ یا $CH_3(CH_2)_2CH_3$

متان — اتان — پروپان — بوتان



۱ـ Saturated Hydrocarbons ۲ـ Allkanes ۳ـ Homologous Series

۴ـ۴ـ نام‌گذاری آلکان‌ها

برای نام‌گذاری ترکیبات آلی قواعد کلی نام‌گذاری آلکان‌ها ارائه شده است، سپس این قواعد به سایر ترکیب‌های آلی تعمیم داده می‌شود.
نام هر ترکیب آلی از سه بخش تشکیل شده است:

پیشوند + ریشه + پسوند

ریشه: ریشه تعداد اتم‌های کربن بلندترین زنجیر پیوسته در مولکول را مشخص می‌کند و بر مبنای اعداد یونانی بیان می‌شود. در جدول (۲ـ۴) ریشه ده الکان اولیه نشان داده شده است.

جدول (۲ـ۴) نام و فرمول‌های ده الکان اولیه (ریشه)

نام آلکان	فرمول مولکولی	فرمول ساختاری متراکم
متان	CH_4	CH_4
اتان	C_2H_6	CH_3-CH_3
پروپان	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$
بوتان	C_4H_{10}	$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$
پنتان	C_5H_{12}	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$
هگزان	C_6H_{14}	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$
هپتان	C_7H_{16}	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$
اکتان	C_8H_{18}	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$
نونان	C_9H_{20}	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$
دکان	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$

پسوند: پسوند نوع ترکیب آلی مولکول را مشخص می‌سازد، یعنی گروه عاملی که مولکول دارد را تعیین می‌کند. پسوند بعد از ریشه می‌آید.
پیشوند: هر پیشوند یک گروه متصل به زنجیر اصلی و شمارهٔ کربنی را که به آن وصل شده است، مشخص می‌کند. پیشوندهایی که شاخه‌های هیدروکربنی را مشخص می‌سازند، با ریشه‌ها نام یکسانی داشته و در انتها «یل،yl» دارند(جدول ۳ـ۴). مانند متیل، اتیل، پروپیل.

جدول (۳ـ۴) نام ۸ آلکیل (پیشوندها)

نام آلکیل	تعداد اتم‌های کربن	ریشه
متیل	۱	meth
اتیل	۲	eth
پروپیل	۳	prop
بوتیل	۴	but
پنتیل	۵	pent
هگزیل	۶	hex
هپتیل	۷	hept
اکتیل	۸	oct

روش نام‌گذاری ترکیب‌های آلی

۱ بلندترین زنجیر را نام‌گذاری کنید (ریشه).

۲ نوع ترکیب را مشخص کنید (پسوند).

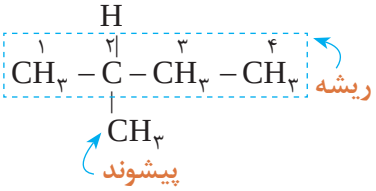
۳ اگر ترکیب چند شاخه داشت، همهٔ شاخه‌ها را نام‌گذاری کنید (پیشوند).

۴ برای خواندن از شیوهٔ «پیشوند + ریشه + پسوند» استفاده کنید.

۵ اگر پیشوند (شاخه‌ها) بیش از یک مورد باشد از یک سر مولکول شماره‌گذاری کنید و به هر شاخه شماره‌ای اختصاص بدهید. توجّه داشته باشید شماره‌گذاری را طوری انجام دهید که مجموع شماره‌های شاخه‌ها کوچک‌ترین حالت را داشته باشد.

۶ در خواندن نام پیشوندها از قانون الفبایی انگلیسی تبعیت کنید.

○ **مثال:** ترکیب روبه‌رو را نام‌گذاری کنید:



پاسخ:

ریشه: بلندترین زنجیر دارای ۴ کربن است، بنابراین «بوت» نام دارد.

پسوند: ترکیب یک آلکان است بنابراین پسوند ترکیب «آن» (ane) خواهد بود.

پیشوند: یک شاخه با یک کربن دارد، بنابراین «متیل» نام خواهد داشت.

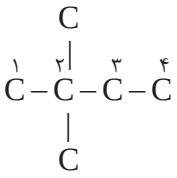
شماره‌گذاری از جهتی انجام شود که به پیشوند (شاخه) شمارهٔ کوچک‌تری تعلّق گیرد. بنابراین نام ترکیب به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

«شماره و نام پیشوند + ریشه + پسوند»

متیل (پیشوند) + «بوت» ریشه + «آن (ane)» پسوند به‌عبارت دیگر نام ترکیب «۲ـ متیل بوتان» خواهد بود.

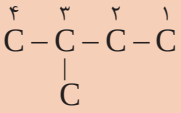
نکته

اگر دو یا تعداد بیشتری پیشوند مشابه در یک ترکیب باشد، برای خواندن نام ترکیب ابتدا شمارهٔ پیشوندها سپس تعداد آنها با اعداد یونانی (دی، تری و...) بیان می‌شود. مانند ۲،۲ – دی متیل بوتان

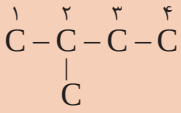


پرسش

۱ کدام شماره‌گذاری برای زنجیرهٔ جانبی ترکیبات زیر صحیح می‌باشد؟

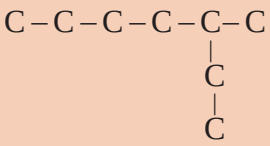


۱



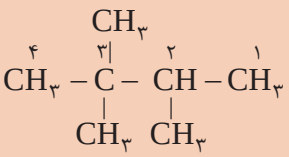
۲

۲ کدام نام برای ترکیب زیر صحیح است؟

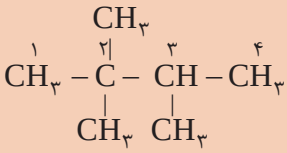


الف) ۲ـ اتیل، هگزان یا ب) ۳ـ متیل، هپتان

۳ کدام نام‌گذاری صحیح است؟

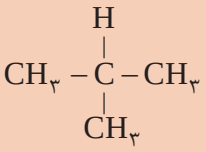


الف) ۲، ۳، ۳ـ تری‌متیل بوتان

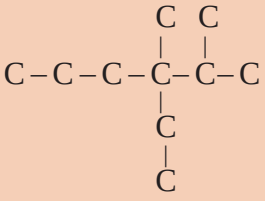


ب) ۲، ۲، ۳ـ تری‌متیل بوتان

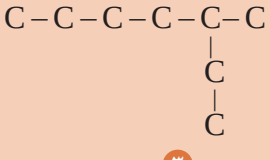
۴ نام ترکیب‌های داده شده را بنویسید.



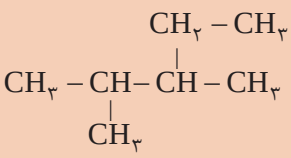
۱



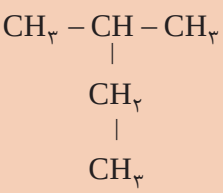
۲



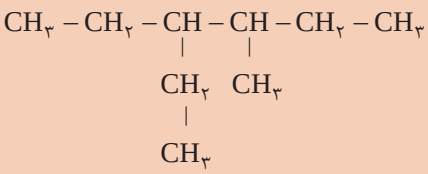
۳



۴



۵



۶

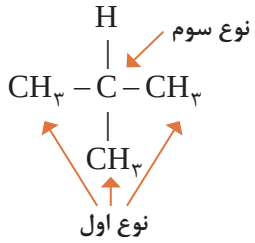
۵ـ۴ـ انواع اتم کربن

در شیمی آلی، با چهار واژهٔ کربن نوع اول، کربن نوع دوم، کربن نوع سوم و کربن نوع چهارم مواجه می‌شویم که در ادامه تعریف آنها ارائه می‌شود:

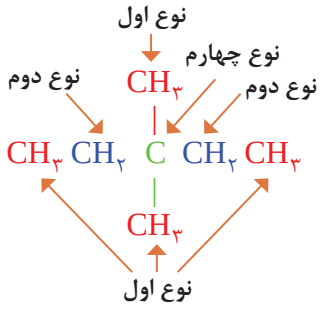
کربن نوع اول: هرگاه اتم کربن در یک مولکول، فقط با یک اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن‌را کربن نوع اول می‌نامند. برای مثال، در مولکول اتان C ـ C، دو اتم کربن نوع اول وجود دارد، زیرا هر کربن به یک اتم کربن دیگر متصل است. (ضمناً اتم کربن در متان نیز استثنا نوع اول به‌شمار می‌رود.)

کربن نوع دوم: هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با دو اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن‌را اتم کربن نوع دوم می‌نامند. برای مثال در مولکول پروپان (ـ C ـ C ـ C ـ)، 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، آن‌را کربن نوع سوم می‌نامند. برای مثال در مولکول ۲ـ متیل پروپان ۳ اتم کربن نوع اول و یک اتم کربن نوع سوم وجود دارد.

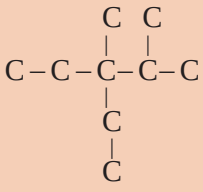


کربن نوع چهارم: هرگاه اتم کربن در یک مولکول، با چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن‌را کربن نوع چهارم می‌نامند. برای مثال، در مولکول ۳، ۳ـ دی‌متیل پنتان، چهار اتم کربن نوع اول، دو اتم نوع دوم و یک اتم نوع چهارم وجود دارد.



تمرین

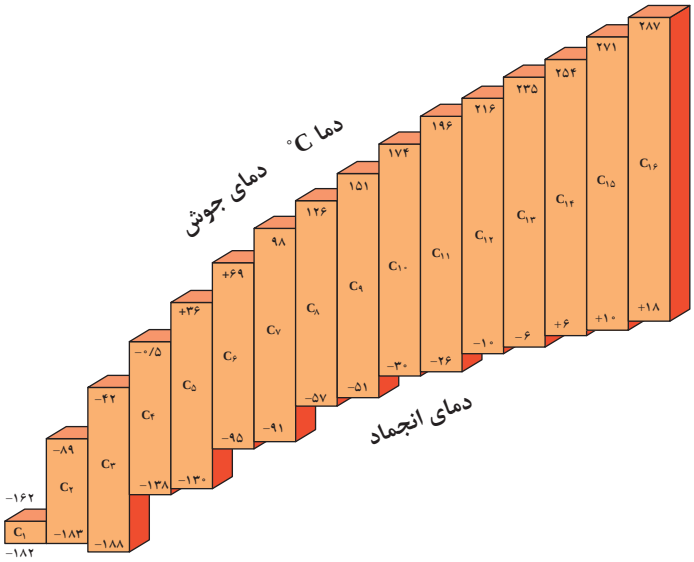
نام ترکیب و نوع اتم‌های کربن را در مولکول زیر مشخص کنید.



۶ـ۴ـ خواص فیزیکی آلکان‌ها

دمای جوش و ذوب آلکان‌ها

آلکان‌ها، تغییر تدریجی نسبتاً منظمی‌در خواص فیزیکی از خود نشان می‌دهند. در دمای اتاق، همرده‌های سبک‌تر به‌صورت گاز یا مایع بی‌رنگ هستند، درصورتی که همرده‌های سنگین‌تر جامدند.
شکل (۲ـ۴) نمودار دماهای جوش و ذوب ۱۶ آلکان نرمال اولیه را نشان می‌دهد.



شکل (۲ـ۴) نمودار دمای ذوب و جوش ۱۶ آلکان نرمال اولیه

پرسش

با توجه به نمودار داده شده 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 آن‌را در کپسول گاز تحت فشار وارد کنند، آیا زودتر مایع می‌شود یا دیرتر؟ چرا؟

۲ بخش اعظم گاز طبیعی که در شبکهٔ لوله‌کشی گاز شهرها و روستاهای ایران جریان دارد، متان و مقداری نیز اتان است. چرا این گاز را نیز، مانند بوتان در استوانه تحت فشار به‌صورت 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 رابطهٔ دماهای جوش با اندازهٔ مولکول‌های آلکان و جرم آنها چیست؟

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

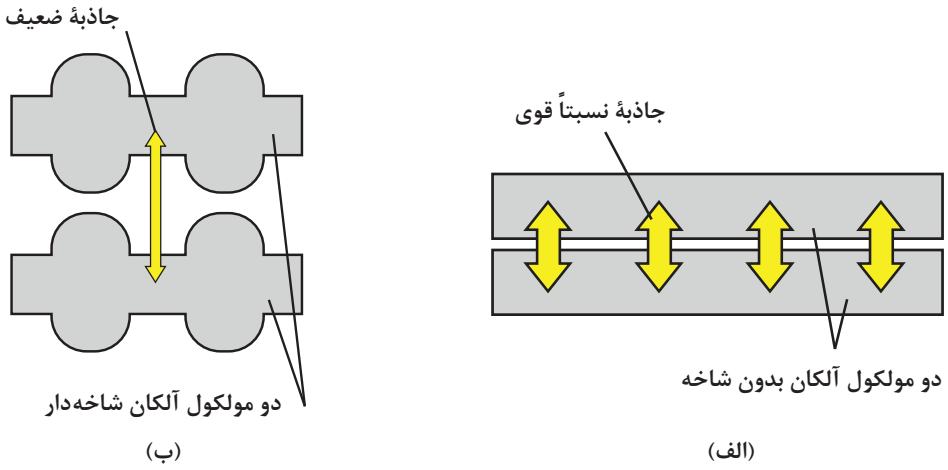
۷ با توجه به شکل (۲ـ۴)، آیا می‌توان پیش‌بینی کرد که نفت سفید در یک روز زمستانی بسیار سرد ایران، منجمد شود یا نه؟ هگزان چطور؟

نیروهای جاذبهٔ واندروالسی میان مولکول‌های آلکان‌ها

آلکان‌ها معمولاً ترکیب‌های ناقطبی هستند، بنابراین در حالت مایع و جامد، نیروهای جاذبهٔ ضعیف واندروالسی از نوع لاندن میان مولکول‌های آنها برقرار است. هرچه بر حجم و جرم مولکول‌ها افزوده شود، سطح تماس میان آنها بیشتر شده، میزان نیروهای جاذبهٔ واندروالسی افزوده می‌شود. نتیجه آنکه این مولکول‌ها نیاز به کسب انرژی گرمایی بیشتری دارند تا از حالت مایع به حالت گاز 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 فرّاریت آن بیشتر است. (بنزین خیلی زودتر از نفت سفید تبخیر می‌شود). به‌همین دلیل نگهداری آلکان‌های سبک در منزل و کارگاه‌ها با خطرات بیشتری همراه است. تبخیر سریع بنزین در فضای بسته، مخلوط قابل انفجاری با هوا پدید می‌آورد که فقط در انتظار یک جرقهٔ کوچک است.

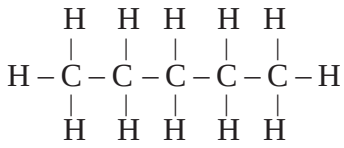
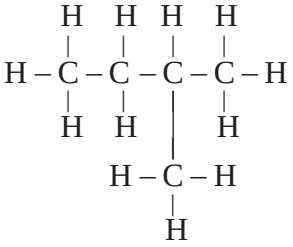
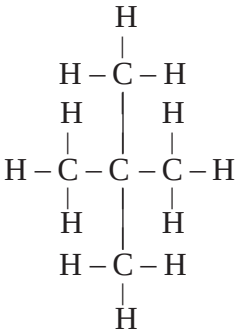
مقایسهٔ دمای جوش یک آلکان با دمای جوش یک ایزومر شاخه‌دار آن

در آلکان‌ها هرچه بر تعداد شاخه‌های فرعی مولکول آلکان افزوده شود، دمای جوش پایین‌تر می‌آید. شکل(۳ـ۴) الف الگویی برای نمایش دو مولکول آلکان نرمال مثلاً n ـ بوتان را نشان می‌دهد. به علّت نبود شاخه، امکان تماس اتم‌ها در دو زنجیر مجاور بیشتر است. بنابراین، بر نیروهای جاذبهٔ واندروالسی افزوده می‌شود و دمای جوش آلکان اندکی بالا می‌رود. شکل (۳ ـ۴) ب، الگویی برای نمایش دو آلکان شاخه‌دار است. در اینجا فاصله میان مولکول‌های مجاور بیشتر است و از نیروهای جاذبهٔ واندروالسی و دمای جوش کاسته می‌شود. برای اطمینان از صحت این نظام، در مورد ایزومرهای پنتان بررسی می‌شود. پیش‌بینی این است که هرچه بر تعداد شاخه‌ها افزوده شود، دمای جوش پایین می‌آید.



شکل (۳ـ۴) اتم‌ها در زنجیرهای بدون شاخهٔ مجاور، خیلی به یکدیگر نزدیک هستند و در زنجیرهای شاخه‌دار، اندکی دورتر قرار دارند.

جدول (۴ـ۴) مقایسه دمای جوش ایزومرهای (همپارهای) پنتان

نام فرمول	فرمول متراکم	فرمول ساختاری	دمای جوش ($^{\circ}C$)
پنتان نرمال	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$		+۳۶
۲ـ متیل بوتان	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$		+۳۰
۲ و ۲ـ دی‌متیل پروپان	$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$		+۹/۵

دماهای جوش که به روش تجربی به‌دست آمده است، صحت پیش‌بینی ما را تأیید می‌کند.

حل شدن آلکان‌ها در حلال‌ها

به‌طور کلی، قاعدهٔ «قطبی در قطبی و ناقطبی در ناقطبی حل می‌شود» کم و بیش، در آلکان‌ها صدق می‌کند. مولکول‌های آلکان‌ها، ناقطبی هستند. بنابراین در آب که یک مایع قطبی است، حل نمی‌شود. (نفت در آب حل نمی‌شود). ولی این مولکول‌ها در حلّال‌های ناقطبی، کم و بیش حل می‌شوند (بنزین در نفت حل می‌شود قیر نیز در نفت حل می‌شود.)

تمرین

چرا تفکیک نفت از آب، به‌وسیلهٔ قیف جداکننده به‌آسانی انجام می‌گیرد؟ دو دلیل ارائه دهید.

۷ـ۴ـ خواص شیمیایی آلکان‌ها

آلکان‌ها با اغلب واکنش‌گرها واکنشی انجام نمی‌دهند. به‌دلیل عدم تمایل آلکان‌ها برای شرکت در اغلب واکنش‌های شیمیایی در شرایط عادی، آنها را هیدروکربن‌های پارافینی می‌نامند. یک آلکان با سولفوریک‌اسید غلیظ، نیتریک‌اسید، سدیم‌هیدروکسید، پتاسیم‌پرمنگنات واکنش ندارد. با وجود این، آلکان‌ها مواد کاملاً بی‌اثری نیستند و از دو ویژگی مهم قابلیت سوختن و ترکیب باهالوژن‌ها برخوردارند.

سوختن آلکان‌ها در هوا و اکسیژن

آلکان‌ها به آسانی و به کمک شعله در هوا می‌سوزند و به شدت گرما آزاد می‌کنند. به همین دلیل، آلکان‌ها مهم‌ترین منبع سوخت و تولید انرژی هستند. واکنش سوختن اُکتان نرمال به قرار زیر است:

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

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

سوختن ناقص متان: از سوختن ناقص متان در هوای محدود دوده تولید می‌شود.

$$CH_۴ + O_۲ \rightarrow ۲H_۲O + C \quad \text{(دوده)}$$

گرمای سوختن مولی و گرمای سوختن یک گرم از سوخت‌ها

انرژی که از سوختن یک مول ماده آزاد می‌شود، «گرمای سوختن مولی»، همچنین انرژی که از سوختن یک گرم از ماده آزاد می‌شود، گرمای سوختن یک گرم از سوخت‌ها گفته می‌شود.

از آنجا که گرمای سوختن اکتان، ۵۴۵۰ کیلوژول بر مول است، می‌توان گرمای سوختن یک گرم آن را حساب کرد.

$$C_۸H_{۱۸} = ۸\times۱۲ + ۱۸ = ۱۱۴ \text{ گرم}$$

$$\text{گرمای سوختن یک گرم اُکتان} = ۵۴۵۰(kJ\,mol^{-۱}) \times \frac{۱mol \text{ اُکتان}}{۱۱۴g} = ۴۷/۸\,kJg^{-۱}$$

تمرین

هرگاه چگالی نوعی بنزین با این فرض که همهٔ آن از اکتان تشکیل شده باشد، برابر ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد، گرمای سوختن یک لیتر بنزین را حساب کنید.

جدول (۵ـ۴) گرمای مولی و گرمای سوختن یک گرم از چند آلکان

هیدروکربن	فرمول مولکولی	گرمای سوخت یک گرم (Kj/g)	گرمای سوختن مولی (Kj/mol^{-1})
متان	CH_4	۵۰/۶	۸۱۰
اتان	C_2H_6	۵۲	۱۵۶۰
پروپان	C_3H_8	۵۰	۲۲۰۰
بوتان	C_4H_{10}	۴۹/۳	۲۸۵۹
پنتان	C_5H_{12}	۴۸/۸	۳۵۱۰
هگزان	C_6H_{14}	۴۸/۲	۴۱۴۱
هپتان	C_7H_{16}	۴۸/۲	۴۸۱۷
اکتان	C_8H_{18}	۴۷/۸	۵۴۵۰

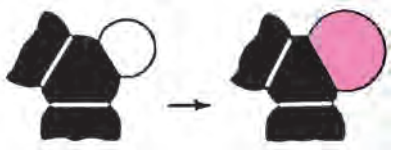
تمرین

۱ در جدول (۵ـ۴) مقدار تقریبی گرمای سوختن یک گرم از انواع سوخت‌ها ارائه شده است، چه نظمی در آن مشاهده می‌کنید؟

۲ به نظر شما کدام هیدروکربن، سوخت بهتری است؟ شرایط را توضیح دهید.

واکنش‌های جانشینی در آلکان‌ها

در یک واکنش جانشینی، یک اتم (یا مجموعه‌ای از اتم‌ها) از مولکول اولیه جدا شده، و اتمی دیگر (یا مجموعه‌ای از اتم‌ها) جانشین آن می‌شود. اتم جدا شده در آلکان‌ها، هیدروژن است. شکل (۴ـ۴)، خروج یک اتم هیدروژن (سفید) و جانشین شدن آن به وسیله یک اتم کلر (سرخ) را نشان می‌دهد.



شکل (۴ـ۴) نمایش واکنش جانشینی در آلکان‌ها

برای مثال واکنش گاز متان و کلر را در نظر می‌گیریم. در این واکنش یک اتم هیدروژن از متان جدا شده، و یک اتم کلر جانشین آن می‌شود. این واکنش در حضورپرتوهای فرابنفش و در دمای ۴۰۰°C انجام می‌شود.

$$H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-H + Cl_2 \xrightarrow[\approx 400^\circ C]{\text{پرتوهای فرابنفش}} H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-Cl + HCl$$

کلرومتان

جدول ارزشیابی پودمان شیمی ترکیبات آلی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۴: شیمی ترکیبات آلی	۱ـ دسته‌بندی ترکیب‌های آلی ۲ـ بررسی و تحلیل ساختار آلکان‌ها	تحلیل فراوانی ترکیب‌های آلی طبقه‌بندی ترکیبات آلی بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی آلکان‌ها نام‌گذاری آلکان‌ها	بالاتر از حد انتظار	طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها نام‌گذاری ترکیب‌های آلی و بررسی خواص آنها	۳
			در حد انتظار	طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها نام‌گذاری آلکان‌ها و بررسی خواص آنها	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	طبقه‌بندی هیدروکربن‌ها	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				