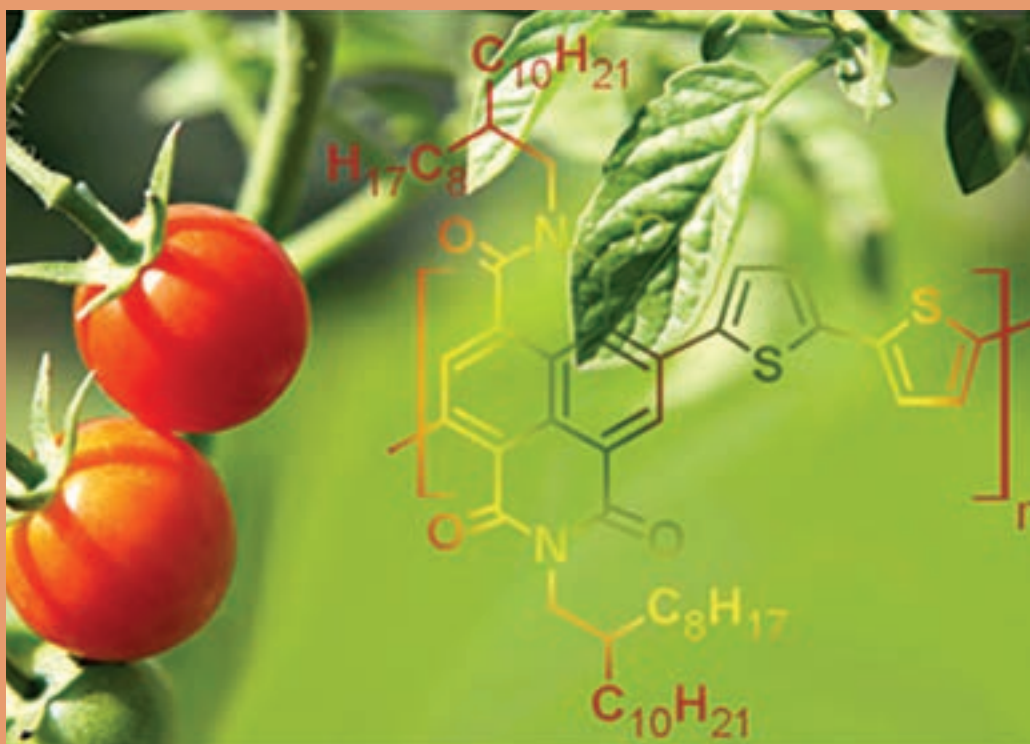


## پودمان ۴

### شیمی ترکیبات آلی



شیمی آلی برای همهٔ قلمروهای زندگی ما اهمیت حیاتی دارد. لباس‌هایی که می‌پوشیم، انواع مواد غذایی 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 بر خوردار نبودیم، کرهٔ زمین نیز همچون کرهٔ ماه، سرزمینی فاقد حیات بود.

## ۴-۱- فراوانی ترکیب‌های آلی

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

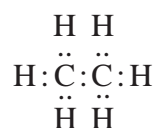
چرا عنصر کربن همچون سایر عنصرهای جدول تناوبی نیست؟ چرا این عنصر قادر به ایجاد انبوه مواد آلی با آن همه تفاوت در خواص است؟ پاسخ به این پرسش‌ها را می‌توان با مطالعه ساختار اتمی کربن که دارای ۴ الکترون ظرفیت است، همچنین کوچک بودن اندازه اتم و داشتن الکترونگاتیوی در حد میانه، توجیه کرد. این ویژگی‌ها موجب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

### امکان تشکیل پیوندهای محکم کربن - کربن

هر یک از الکترون‌های لایه ظرفیت کربن می‌توانند با عنصرهای دیگر از راه به اشتراک گذاشتن الکترون و تشکیل پیوند کووالانسی، لایه 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 به صورت متان ( $\text{CH}_4$ ) 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 - کربن است. برای مثال، به ساختار دومین مولکول آلی از نظر سادگی، معروف به اتان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) توجه کنید:



پدیده تشکیل پیوند ساده و محکم C - C، ممکن است ادامه یابد و مولکول‌هایی با زنجیرهای بلند پدید آورد که نمونه‌های آن‌را در خانواده 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 ( $\text{C}=\text{C}$ ) پدید آورند که در این حالت خانواده 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 ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ) به وجود آورند که در این صورت خانواده آلکین‌ها را خواهیم داشت.



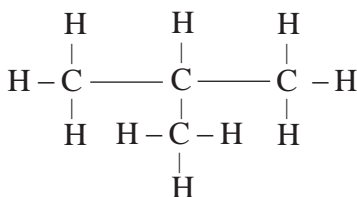
### امکان پیدایش ایزومرها

یک فرمول در شیمی معدنی، معمولاً نشان‌دهنده یک ماده با ویژگی‌های خاص آن است. مثلاً فرمول  $\text{H}_2\text{SO}_4$  فقط نماینده یک ماده به نام سولفوریک اسید است. در صورتی که یک فرمول مولکولی در شیمی آلی، معمولاً نشان‌دهنده یک یا چندین ترکیب با خواص مختلف است. برای مثال، آزمایش نشان می‌دهد که دو نوع ماده با فرمول مولکولی  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  وجود دارد که از نظر برخی خواص با یکدیگر تفاوت دارند. جدول (۴-۱)، برخی ویژگی‌های فیزیکی این دو ماده را نشان می‌دهد.

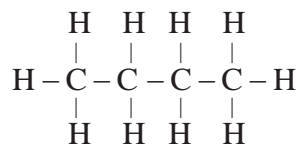
جدول (۴-۱) برخی خواص فیزیکی دو ماده با فرمول مولکولی  $C_4H_{10}$

ماده شماره ۲ (فرمولی مولکولی $C_4H_{10}$ )	ماده شماره ۱ (فرمولی مولکولی $C_4H_{10}$ )	خاصیت فیزیکی
$-159^{\circ}C$	$-128^{\circ}C$	دمای ذوب
$-12^{\circ}C$	$-0/5^{\circ}C$	دمای جوش
$0/557^{\circ} g/cm^3$	$0/599^{\circ} g/cm^3$	چگالی مایع (در $20^{\circ}C$ )
۱۳۲۰ mL	۱۸۱۳ mL	میزان حل شدن در ۱۰۰۰ mL الکل معمولی

چگونه می توان این واقعیت ها را توجیه کرد؟ با توجه به تأثیر ساختار یک ماده بر خواص آن، آیا می توان چنین فرض کرد که این دو ماده ساختار متفاوت دارند؟ هرگاه درصدد باشیم که آرایش های ممکن را برای مولکول  $C_4H_{10}$  به صورت 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 ب

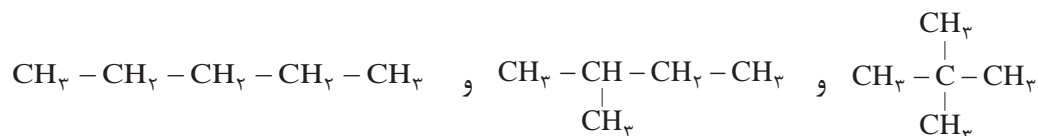


طرح ساختاری الف

با کم کردن یک اتم کربن از زنجیره بدون شاخه طرح «الف»، و تشکیل شاخه جانبی، طرح «ب» به وجود می آید. تحقیق تجربی، صحت وجود این دو طرح ساختاری را تأیید کرده و نشان می دهد که طرح ساختاری «الف» با فرمول ساختاری ماده شماره ۱ و طرح ساختاری «ب» با فرمول ساختاری ماده شماره ۲، در جدول مطابقت دارد. موادی که دارای فرمول مولکولی یکسان هستند، ولی دارای فرمول های ساختاری و خواص متفاوت می باشند، ایزومر یا همپارا<sup>۱</sup> نامیده می شوند.

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 اتم های کربن در مولکول، افزوده شود، تعداد ایزومرها بیشتر می شود.

ایزومرهای پنتان را می توان چنین رسم کرد:





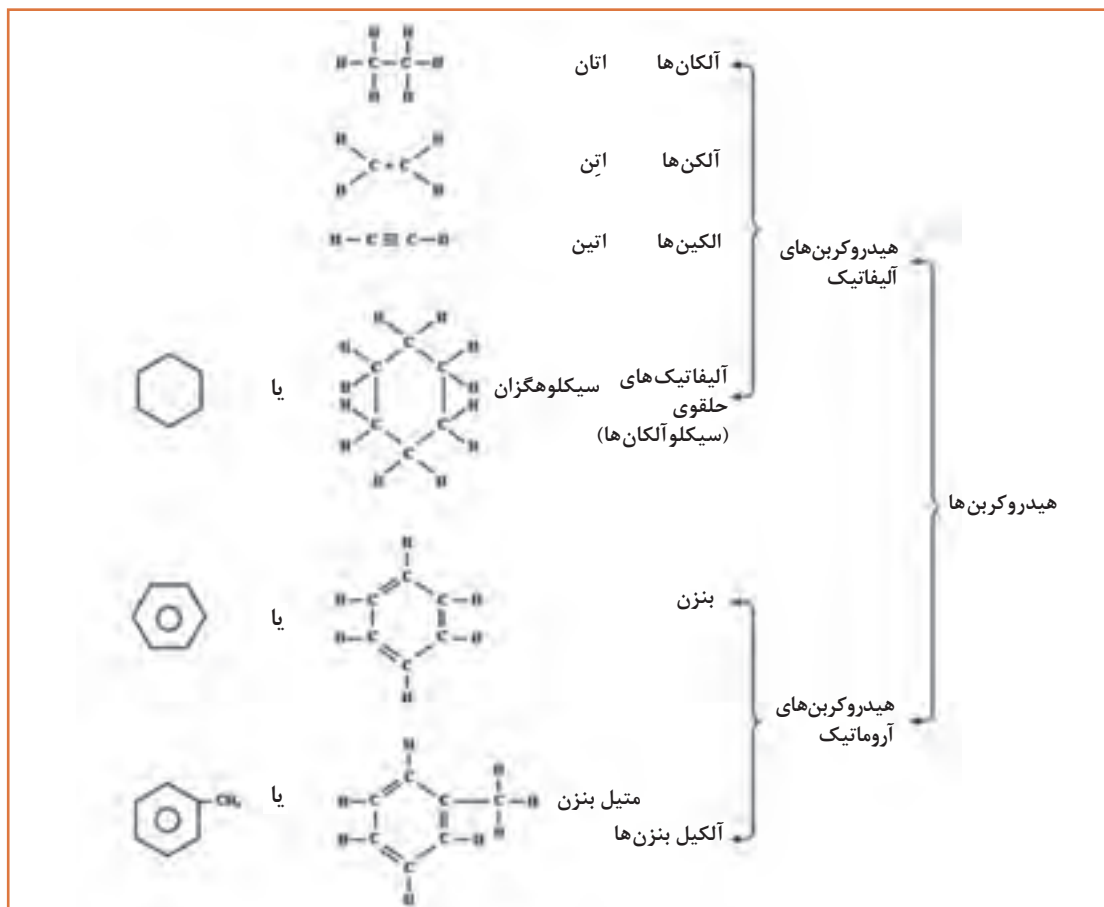
- ۱ چرا تعداد ترکیب‌های آلی به میلیون‌ها می‌رسد، در صورتی که تعداد عنصرهای تشکیل‌دهنده این مواد بسیار محدود است؟
- ۲ نام سه ماده آلی مهم موجود در محیط زندگی را که در طبیعت وجود دارند، و سه ماده دیگر را که به‌طور مصنوعی تهیه می‌شوند، نام ببرید.

## ۲-۴- 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 - کربن و شکل ساختاری مولکول‌های آنهاست. به‌طور کلی هیدروکربن‌ها به دو دسته بزرگ هیدروکربن‌های آلیفاتیک و هیدروکربن‌های آروماتیک تقسیم‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی کلی هیدروکربن‌ها، به‌صورت نمودار در شکل (۴-۱) ارائه شده است. (این نمودار صرفاً به‌منظور آشنایی هنرجویان است و نیاز به حفظ کردن آن نمی‌باشد).



با توجه به شکل (۴-۱) در مخلوط نفت خام کدام یک از هیدروکربن‌های نام‌برده وجود دارند؟



## ۳-۴- آلکانها

آلکانها، هیدروکربنهایی هستند که به صورت گاز، مایع و جامد در نفت خام وجود دارند. آلکانها ترکیبهایی از هیدروژن و کربن هستند که هر اتم کربن در آنها به وسیله چهار پیوند کووالانسی ساده، و از طریق چهار جفت الکترون با چهار اتم دیگر پیوند دارند. از این رو به آلکانها هیدروکربنهای سیرشده اطلاق می شود. به مثالهای زیر که مربوط به چهار آلکان اولیه است، توجه کنید:

نام	فرمول مولکولی <sup>۱</sup>	فرمول ساختاری (پیوندها به صورت جفت الکترون مشترک)	فرمول ساختاری <sup>۲</sup> (پیوندها به صورت خط فاصله)
متان	CH <sub>۴</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
اتان	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
پروپان	C <sub>۳</sub> H <sub>۸</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
بوتان	C <sub>۴</sub> H <sub>۱۰</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{C}} : \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

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

تحقیق



۱- فرمول مولکولی: نشان دهنده نوع عنصرها و تعداد اتمهای هر عنصر در یک مولکول است.  
 ۲- فرمول ساختاری: نشان دهنده نوع عنصرها و تعداد اتمهای هر عنصر در یک مولکول است و هم نشان دهنده موقعیت اتمها یا گروههای چند اتمی نسبت به یکدیگر در مولکول می باشد.

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

۱ هر اتم کربن به وسیله چهار پیوند کووالانسی ساده با چهار اتم مجاور پیوند یافته است. چون هر چهار ظرفیت اتم کربن به وسیله چهار اتم دیگر اشغال شده، بنابراین، جایی برای ترکیب اضافی با اتم دیگر وجود ندارد. به همین دلیل، این هیدروکربن‌ها سیر شده یا اشباع شده نامیده می‌شوند، و بنابر قرارداد، نام آلکان<sup>۲</sup> به آنها اطلاق می‌شود.

۲ تفاوت هر عضو از این مجموعه، با عضو قبلی یا بعدی در یک «-CH<sub>۲</sub>-» است. این نوع ترکیب‌ها را که تفاوت آنها در یک یا چند (-CH<sub>۲</sub>-) است، سری هم‌رده<sup>۳</sup> (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<sub>۲</sub>- اختلاف دارد.

۳ از آنجا که در این ترکیب‌ها، هر ترکیب با ترکیب قبلی و بعدی خود در یک گروه «-CH<sub>۲</sub>-» تفاوت دارد، یعنی به ازای هر اتم کربن، دو اتم هیدروژن به هیدروکربن قبلی اضافه می‌شود، پس اگر تعداد اتم‌های کربن n باشد، تعداد هیدروژن‌ها ۲n خواهد بود. از طرفی چون متان که نخستین عضو این خانواده است، خود دو اتم هیدروژن بیشتر از -CH<sub>۲</sub>- دارد، پس می‌توان فرمول کلی هیدروکربن‌های این خانواده را  $(CH_2)_n + 2H$  نوشت. این فرمول را به سادگی به صورت  $C_n H_{2n+2}$  می‌نویسند. یعنی در این هیدروکربن‌ها، تعداد اتم‌های هیدروژن در هر مولکول، ۲ اتم بیشتر از ۲ برابر تعداد اتم‌های کربن است. با این ترتیب، در خانواده آلکان‌ها بعد از بوتان، ترکیبی به فرمول  $C_5 H_{12}$  خواهیم داشت (n=۵ است، پس  $H=2 \times 5 + 2 = 12$  خواهد بود) این هیدروکربن، پنتان نام دارد.

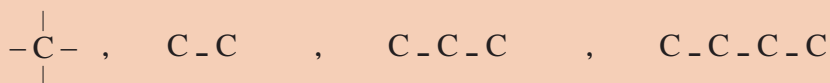
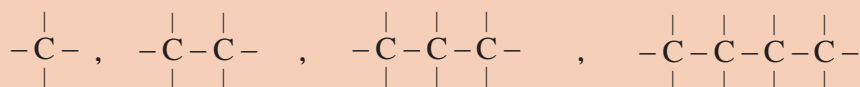
۱ فرمول مولکولی آلکانی را که ۶ اتم کربن دارد، بنویسید و یک فرمول الکترون نقطه‌ای و همچنین فرمول ساختاری برای آن رسم کنید.

۲ فرمول مولکولی آلکان‌ها را از  $C_۷$  تا  $C_۱۰$  بنویسید.

برای صرفه‌جویی در کاغذ، همچنین آسان کردن فرمول‌نویسی، به جای فرمول ساختاری گسترده می‌توان فرمول این مواد را «به صورت متراکم» نوشت:



متان                      اتان                      پروپان                      بوتان



تمرین



یادآوری



## ۴-۴- 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 (۴-۲) ریشه ده الکان اولیه نشان داده شده است.

جدول (۴-۲) نام و فرمول‌های ده الکان اولیه (ریشه)

نام آلکان	فرمول مولکولی	فرمول ساختاری متراکم
متان	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$
اتان	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$
پروپان	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
بوتان	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$
پنتان	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$
هگزان	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$
هپتان	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}_3$
اکتان	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{CH}_3$
نونان	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3$
دکان	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{CH}_3$

**پسوند:** پسوند نوع ترکیب آلی مولکول را مشخص می‌سازد، یعنی گروه عاملی که مولکول دارد را تعیین می‌کند. پسوند بعد از ریشه می‌آید.

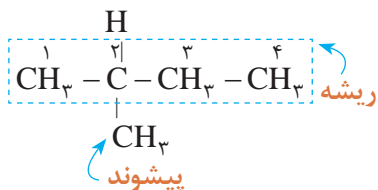
**پیشوند:** هر پیشوند یک گروه متصل به زنجیر اصلی و شماره کربنی را که به آن وصل شده است، مشخص می‌کند. پیشوندهایی که شاخه‌های هیدروکربنی را مشخص می‌سازند، با ریشه‌ها نام یکسانی داشته و در انتها «یل، yl» دارند (جدول ۴-۳). مانند متیل، اتیل، پروپیل.

جدول (۳-۴) نام ۸ آلکیل (پیشوندها)

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

### روش نام‌گذاری ترکیب‌های آلی

- بلندترین زنجیر را نام‌گذاری کنید (ریشه).
- نوع ترکیب را مشخص کنید (پسوند).
- اگر ترکیب چند شاخه داشت، همه شاخه‌ها را نام‌گذاری کنید (پیشوند).
- برای خواندن از شیوه «پیشوند + ریشه + پسوند» استفاده کنید.
- اگر پیشوند (شاخه‌ها) بیش از یک مورد باشد از یک سر مولکول شماره‌گذاری کنید و به هر شاخه شماره‌ای اختصاص دهید. توجه داشته باشید شماره‌گذاری را طوری انجام دهید که مجموع شماره‌های شاخه‌ها کوچک‌ترین حالت را داشته باشد.



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

○ مثال: ترکیب روبه‌رو را نام‌گذاری کنید:

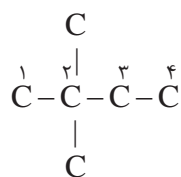
پاسخ:

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) شماره کوچک‌تری تعلق گیرد. بنابراین نام ترکیب به صورت زیر تعیین می‌شود:

«شماره و نام پیشوند + ریشه + پسوند»

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

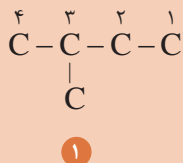
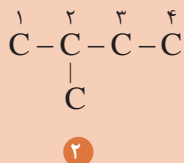




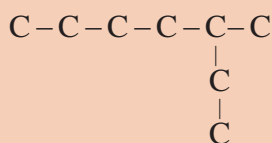
اگر دو یا تعداد بیشتری پیشوند مشابه در یک ترکیب باشد، برای خواندن نام ترکیب ابتدا شماره پیشوندها سپس تعداد آنها با اعداد یونانی (دی، تری و...) بیان می‌شود. مانند ۲،۲ - دی متیل بوتان



۱ کدام شماره گذاری برای زنجیره جانبی ترکیبات زیر صحیح می‌باشد؟

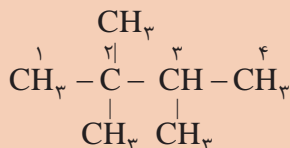


۲ کدام نام برای ترکیب زیر صحیح است؟

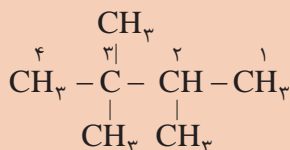


(الف) ۲- اتیل، هگزان یا (ب) ۳- متیل، هپتان

۳ کدام نام گذاری صحیح است؟

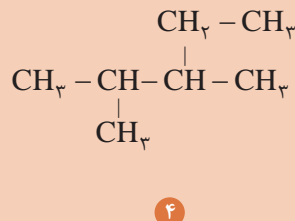
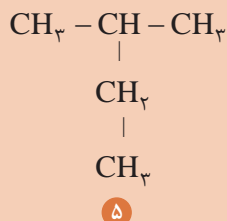
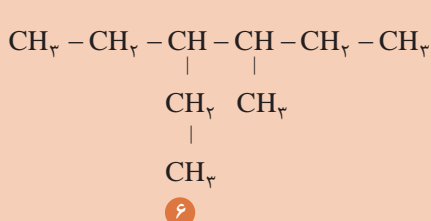
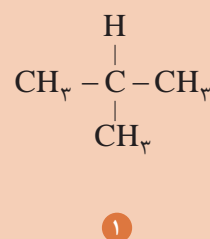
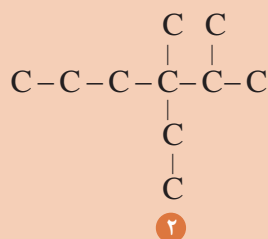
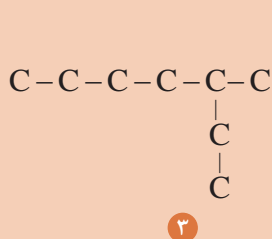


(ب) ۲، ۲، ۳- تری متیل بوتان



(الف) ۲، ۳، ۳- تری متیل بوتان

۴ نام ترکیب‌های داده شده را بنویسید.



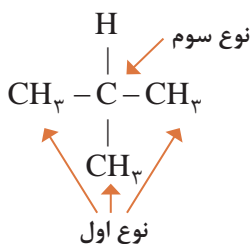
## ۵-۴- انواع اتم کربن

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

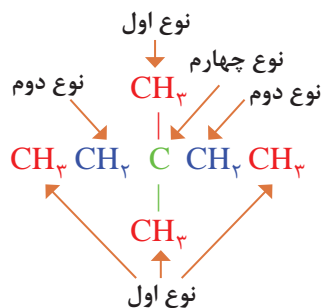
**کربن نوع اول:** هرگاه اتم کربن در یک مولکول، فقط با یک اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، آن را کربن نوع اول می‌نامند. برای مثال، در مولکول اتان  $C-C$ ، دو اتم کربن نوع اول وجود دارد، زیرا هر کربن به یک اتم کربن دیگر متصل است. (ضمناً اتم کربن در متان نیز استثناً نوع اول به‌شمار می‌رود.)

**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 اول و اتم کربن شماره ۲ از نوع دوم است.

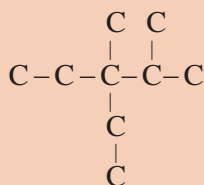
نوع اول    نوع دوم    نوع اول



**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 ۲-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، آن را کربن نوع چهارم می‌نامند. برای مثال، در مولکول ۳، ۳-دی‌متیل پنتان، چهار اتم کربن نوع اول، دو اتم نوع دوم و یک اتم نوع چهارم وجود دارد.



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

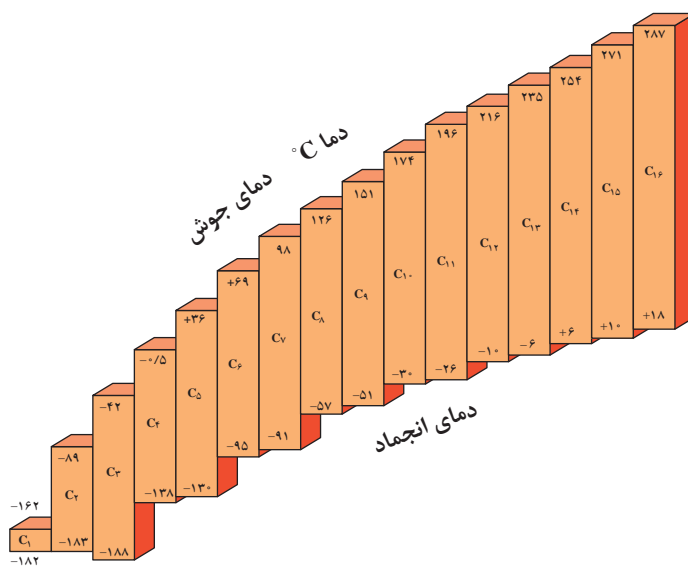
تمرین



## ۴-۶- خواص فیزیکی آلکان‌ها

### دمای جوش و ذوب آلکان‌ها

آلکان‌ها، تغییر تدریجی نسبتاً منظمی در خواص فیزیکی از خود نشان می‌دهند. در دمای اتاق، هم‌رده‌های سبک‌تر به صورت گاز یا مایع بی‌رنگ هستند، در صورتی که هم‌رده‌های سنگین‌تر جامدند. شکل (۴-۲) نمودار دماهای جوش و ذوب ۱۶ آلکان نرمال اولیه را دهد.



شکل (۴-۲) نمودار دمای ذوب و جوش ۱۶ آلکان نرمال اولیه

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 شبکه 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 به صورت گاز مایع پخش نمی‌کنند؟
- ۳ هرگاه بدانید که بنزین، شامل مولکول‌های  $C_8$  تا  $C_{10}$  است، حدود تقریبی دمای جوش بنزین چقدر است؟ (منظور از چه دمایی تا چه دمایی؟)
- ۴ هرگاه بدانید که نفت سفید مخلوطی از مولکول‌های  $C_9$  تا  $C_{16}$  است، اولاً: حدود تقریبی دمای جوش آن چقدر است؟ ثانیاً: چرا روشن کردن نفت سفید با یک چوب کبریت، دیرتر از بنزین صورت می‌گیرد؟
- ۵ نظام کلی مشاهده شده در مورد رابطه دماهای جوش با اندازه 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 (۴-۲)، آیا می‌توان پیش‌بینی کرد که نفت سفید در یک روز زمستانی بسیار سرد ایران، منجمد شود یا نه؟ هگزان چگونه؟

پرسش

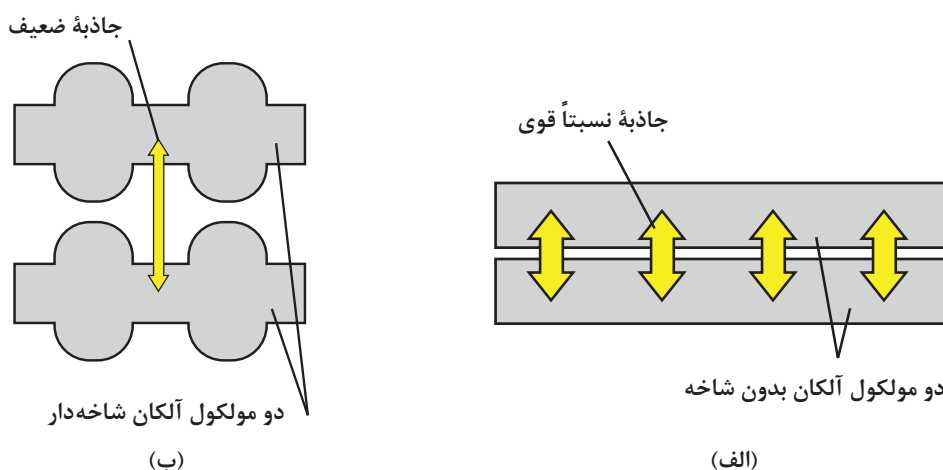


### نیروهای جاذبه و اندروالسی میان مولکول‌های آلکان‌ها

آلکان‌ها معمولاً ترکیب‌های ناقطبی هستند، بنابراین در حالت مایع و جامد، نیروهای جاذبه ضعیف و اندروالسی از نوع لاندن میان مولکول‌های آنها برقرار است. هرچه بر حجم و جرم مولکول‌ها افزوده شود، سطح تماس میان آنها بیشتر شده، میزان نیروهای جاذبه و اندروالسی 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 فرّایت آن بیشتر است. (بنزین خیلی زودتر از نفت سفید تبخیر می‌شود). به همین 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 جرقه کوچک است.

### مقایسه 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 (۳-۴) الف الگویی برای نمایش دو مولکول آلکان نرمال مثلاً  $n$ - بوتان را نشان می‌دهد. به علت نبود شاخه، امکان تماس اتم‌ها در دو زنجیر مجاور بیشتر است. بنابراین، بر نیروهای جاذبه و اندروالسی افزوده می‌شود و دمای جوش آلکان اندکی بالا می‌رود. شکل (۳-۴) ب، الگویی برای نمایش دو آلکان شاخه‌دار است. در اینجا فاصله میان مولکول‌های مجاور بیشتر است و از نیروهای جاذبه و اندروالسی 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 پایین‌تر می‌آید.



شکل (۳-۴) اتم‌ها در زنجیرهای بدون شاخه مجاور، خیلی به یکدیگر نزدیک هستند و در زنجیرهای شاخه‌دار، اندکی دورتر قرار دارند.

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

دمای جوش (°C)	فرمول ساختاری	فرمول متراکم	نام فرمول
+۳۶	$  \begin{array}{ccccccc}  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\  &   &   &   &   &   & \\  \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} \\  &   &   &   &   &   & \\  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} &   \end{array}  $	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	پنتان نرمال
+۳۰	$  \begin{array}{ccccccc}  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\  &   &   &   &   & & \\  \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} & \\  &   &   &   &   & & \\  & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & & \\  & & & &   & & \\  & & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \\  & & & &   & & \\  & & & & \text{H} & &   \end{array}  $	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$	۲-متیل بوتان
+۹/۵	$  \begin{array}{ccccccc}  & & & \text{H} & & & \\  & & &   & & & \\  & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & \\  & & &   & & & \\  & & & \text{H} & & \text{H} & \\  & & &   & &   & \\  \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} & & \\  &   &   &   & & & \\  & \text{H} & & \text{H} & & & \\  & & &   & & & \\  & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & \\  & & &   & & & \\  & & & \text{H} & & &   \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH} \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	۲ و ۲-دی‌متیل پروپان

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

### حل شدن آلکان‌ها در حلال‌ها

به‌طور کلی، قاعده «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 حلال‌های ناقطبی، کم و بیش حل می‌شوند (بنزین در نفت حل می‌شود قیر نیز در نفت حل می‌شود).

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

تمرین

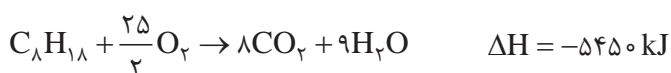


## ۷-۴- خواص شیمیایی آلکان‌ها

آلکان‌ها با اغلب واکنش‌گرها واکنشی انجام نمی‌دهند. به دلیل عدم تمایل آلکان‌ها برای شرکت در اغلب واکنش‌های شیمیایی در شرایط عادی، آنها را هیدروکربن‌های پارافینی می‌نامند. یک آلکان با سولفوریک اسید غلیظ، نیتریک اسید، سدیم هیدروکسید، پتاسیم پرمنگنات واکنش ندارد. با وجود این، آلکان‌ها 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 اکتان نرمال به قرار زیر است:



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.



### 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،  $5450$  کیلوژول بر مول است، می‌توان گرمای سوختن یک گرم آن را حساب کرد.

$$\text{C}_8\text{H}_{18} = 8 \times 12 + 18 = 114 \text{ گرم}$$

$$\text{گرمای سوختن یک گرم اکتان} = 5450 (\text{kJ mol}^{-1}) \times \frac{1 \text{ mol اکتان}}{114 \text{ g}} = 47.8 \text{ kJg}^{-1}$$

هرگاه چگالی نوعی بنزین با این فرض که همه آن از اکتان تشکیل شده باشد، برابر  $0.7$  گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد، گرمای سوختن یک لیتر بنزین را حساب کنید.

تمرین



جدول (۴-۵) گرمای مولی و گرمای سوختن یک گرم از چند آلکان

گرمای سوختن مولی (Kj/mol <sup>-1</sup> )	گرمای سوختن یک گرم (Kj/g)	فرمول مولکولی	هیدروکربن
۸۱۰	۵۰/۶	CH <sub>۴</sub>	متان
۱۵۶۰	۵۲	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub>	اتان
۲۲۰۰	۵۰	C <sub>۳</sub> H <sub>۸</sub>	پروپان
۲۸۵۹	۴۹/۳	C <sub>۴</sub> H <sub>۱۰</sub>	بوتان
۳۵۱۰	۴۸/۸	C <sub>۵</sub> H <sub>۱۲</sub>	پنتان
۴۱۴۱	۴۸/۲	C <sub>۶</sub> H <sub>۱۴</sub>	هگزان
۴۸۱۷	۴۸/۲	C <sub>۷</sub> H <sub>۱۶</sub>	هپتان
۵۴۵۰	۴۷/۸	C <sub>۸</sub> H <sub>۱۸</sub>	اکتان

۱ در جدول (۴-۵) 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.

تمرین



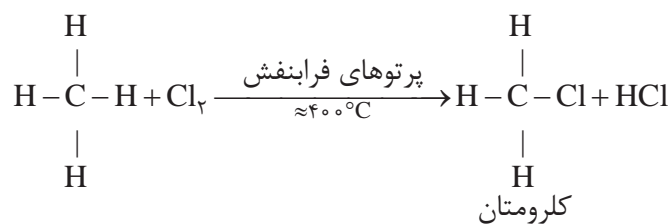
واکنش‌های جانشینی در آلکان‌ها



شکل (۴-۴) نمایش واکنش 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 (۴-۴)، خروج یک اتم هیدروژن (سفید) و جانشین شدن آن به وسیله یک اتم کلر (سرخ) را نشان می‌دهد.

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 حضور پرتوهای فرابنفش و در دمای ۴۰۰ °C انجام می‌شود.



جدول ارزشیابی پودمان شیمی ترکیبات آلی

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