

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

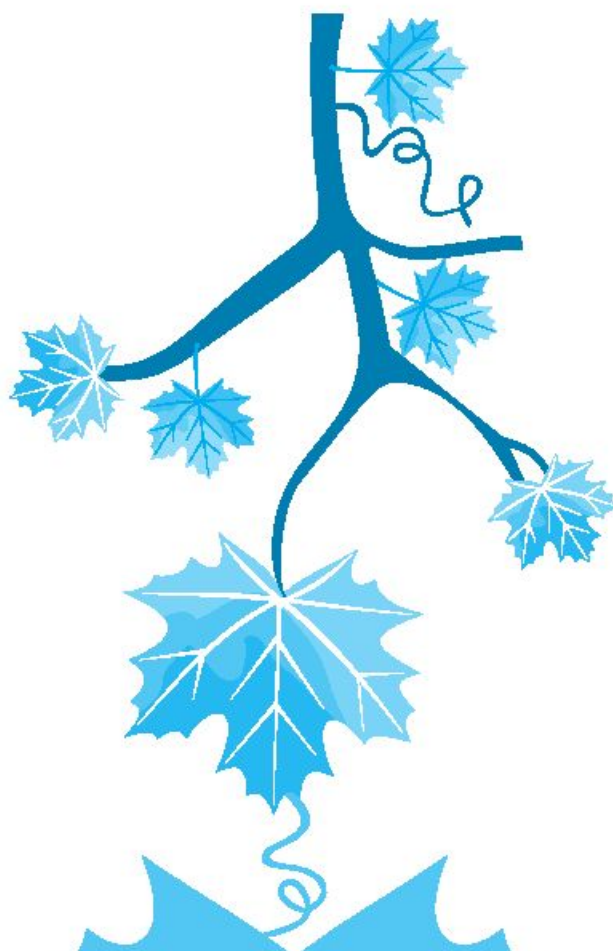
برگی از درخت المپیاد شیمی

شیمی آلی

مؤلف

بهرز بهنام





درخت المپیاد درختی است که توسط  
انتشارات خوشخوان کاشته شده و هر یک  
از کتاب های این پروژه برگگی از آن است.  
وظیفه ما نگهداری و آبیاری این درخت است. امیدواریم  
با عنایات حضرت حق این درخت، تنومند شده  
و به بار واقعی بنشیند. فراموش نکنید که بار و میوه ی

این درخت شما  
عزیزان می باشد.

التماس دعا



## پروژهی درخت المپیاد

اعتقاد بر این است که شروع فعالیت‌های المپیاد به صورت حرفه‌ای، باید از ابتدای دوره‌ی دبیرستان شروع شود. اکثر المپیادهای علمی در زمستان سال سوم دبیرستان تعیین تکلیف می‌شوند. بنابراین از شروع دبیرستان تا اواسط سال سوم حدوداً ۸ ترم تحصیلی می‌شود (با احتساب فصل و ترم تابستان) که لازم است برنامه‌ریزی دقیقی برای این چند ترم انجام شود.

انتشارات خوشخوان این برنامه‌ریزی را در قالب پروژهی درخت المپیاد انجام داده است که هر شاخه از درخت، مبحثی از آن المپیاد و هر برگ از آن شاخه شماره‌ای از آن مبحث می‌باشد.

به عنوان مثال اپتیک (۱) کتابی است که در یک ترم تحصیلی در یک کلاس ممتاز می‌توان برای داوطلبان المپیاد فیزیک تدریس کرد.

با عنایات حضرت حق و با کمک تکی چند از همکاران گرامی کتب مربوط به این درخت در هر رشته‌ای از المپیاد معرفی خواهد شد. منتظر پیشنهادات و نظرات شما سروران هستیم.

گروه المپیاد

انتشارات خوشخوان

مسابقه‌ها، کنکورها و المپیادهای علمی همایش‌هایی هستند که کم و بیش در سراسر دنیای پهناور به صورت داخلی و بین‌المللی برگزار می‌شود و سال به سال به تنوع، جذبه و عظمت آن‌ها افزوده می‌شود. یکی از این همایش‌های باشکوه که هر سال در چندین رشته در سطح دانش‌آموزان سنوات آخر دوره متوسطه برگزار می‌شود المپیادهای علمی می‌باشد که قدیمی‌ترین آن المپیاد ریاضی بوده و از سال ۱۹۵۹ آغاز و تا به حال ادامه داشته است.

در حال حاضر نتیجه‌ی کسب شده در المپیادهای علمی برای هر کشوری یکی از شاخص‌های قدرت علمی آن کشور محسوب شده و نفرات ممتاز این المپیادها به راحتی جذب دانشگاه‌ها و آکادمی‌های ممتاز جهان شده و پس از گذشت سنواتی چند به موفقیت‌های چشم‌گیری نایل می‌شوند چنانچه بسیاری از دانشمندان حال حاضر در رشته‌های مختلف از جمله شیمی، فیزیک، IT و ... در سال‌های نه‌چندان دور از مدال‌آوران این المپیادها بوده‌اند.

جمهوری اسلامی ایران برای اولین بار در سال ۱۳۶۶ در المپیاد ریاضی جهان که در کشور کوبا برگزار می‌شد شرکت کرده و با کسب یک مدال برنز به مقام ۲۶ جهان نقل آمد که تعجب همگان را برانگیخت چرا که در آن سال ایران درگیر جنگ تحمیلی بوده و جهانیان به غیر از جنگ و درگیری چینی از ایران سراغ نگرفتند و درخشش دانش‌آموزان ایران در آن سال و سنوات بعد نگاه‌ها را به سمت ایران معطوف کرده و چشم‌خفته آن‌ها را تا حدود زیادی بیدار کرد. همانطور که از رسانه‌های گروهی مطلع شده‌ایم در تمام المپیادهای علمی تیم اعزامی کشور عزیزمان در سنوات گذشته جز کشورهای برتر بوده و ضمن کسب مدال‌های رنگارنگ رتبه‌های بسیار درخشانی از جمله رتبه اول را حاز شده‌اند.

نحوه‌گزینش نفرات اعزامی به المپیادهای جهانی تا حدود زیادی مشابه یکدیگرند به این صورت که در ابتدا در مسابقه‌ای سراسری تحت عنوان مرحله اول که معمولاً به صورت پرسش‌های چندگزینه‌ای مطرح می‌شود حدوداً هزار نفر پذیرفته شده و در رقابتی معمولاً تشریحی که مرحله‌ی دوم نامیده می‌شود شرکت می‌کنند. در این مرحله در هر رشته حدوداً چهل نفر پذیرفته شده و در دوره‌ی تابستانی در باشگاه دانش‌پژوهان جوان که متولی برگزاری تمام المپیادهای علمی می‌باشد شرکت کرده و پس از گذراندن این دوره مرحله‌ی سوم آزمون برگزار شده و علاوه‌بر (در حدود ده نفر) مدال طلا، علاوه‌بر مدال نقره و علاوه‌بر دیگر مدال برنز

کسب می کنند (در این مرحله معمولاً همگی افراد شرکت کننده در دوره مدال کسب می کنند) دارندگان مدال طلا حدود یک سال در آن باشگاه آموزش دیده و پس از آن اعضاء تیم اعزامی شناسایی می شوند. دارندگان مدال طلا همگی بدون کنکور و در رشته و دانشگاه دلخواه خود پذیرفته شده و ادامه ی تحصیل می دهند اما دارندگان مدال های نقره و برنز همانند سایر داوطلبان در کنکور سراسری شرکت کرده و برای کسب رتبه دلخواه جهت پذیرفته شدن در رشته و دانشگاه مورد علاقه خود در رقابت می کنند یا این تفاوت که این افراد سهمیه ویژه ای در پذیرفته شدن در رشته و دانشگاه مورد علاقه ی خود دارند که جزئیات آن در سایت باشگاه دانش پژوهان جوان تشریح شده است.

متأسفانه در سال های اخیر در بعضی از مدارس افرادی مثلاً لباس کارشناسی به تن کرده و علیه فعالیت های المپیاد جبهه می گیرند و ادعا می کنند فعالیت برای المپیادهای علمی مانع موفقیت در کنکور سراسری بوده و هرچه دانش آموز به سمت المپیاد سوق پیدا کند از کنکور فاصله گرفته و در صورت عدم کسب مدال طلا (که بسیار محتمل است) آینده ی خود را تباه کرده است در حالی که با تحقیقی که در سال های گذشته انجام شده است فعالیت در زمینه المپیادهای علمی نه تنها مانع فعالیت برای کنکور نیست بلکه مسیر فعالیت برای کسب رتبه مناسب در کنکور را بسیار هموارتر می سازد به عنوان مثال می توانید تمام مدال آوران نقره و برنز و یا حتی آن هایی که در مرحله اول پذیرفته شده ولی به دوره تابستانی راه پیدا نکرده اند را در یک رشته شناسایی کرده و موفقیت های تحصیلی آن ها را در دانشگاه ها جویا شوید که نگارنده ی این متن بارها این تحقیق را انجام داده و به مثبت بودن آن یقین پیدا کرده است.

**نکته** به هر حال ادعا این است که فعالیت دانش آموز در یک رشته از رشته های المپیاد فواید بسیاری دارد که به تعدادی از آن ها به صورت گذرا اشاره می شود:

۱. همان طور که خلاصه به بشر تن سالم داده و انتظار می رود با ورزش ها و نرمش های مناسب از این نعمت خلقاتی محافظت شود به هر دانش آموزی نیز استعدادی داده است که باید شکوفا و بهره ور شود. اغلب باشگاه های کشورهای اعم از خصوصی و دولتی دلوطلب زیادی در رشته های متفاوت ورزشی دارند که مشغول فعالیت در یکی از رشته های ورزشی مانند کشتی، تکواندو، بدن سازی و ... می باشند که وقتی از آن افراد راجع به اهدافشان از این فعالیت سؤال می شود سالم نگه داشتن بدن را عنوان داشته و انتخاب شدن در تیم ملی را در نهایت عنوان می کنند. چه بسا افرادی که در این رشته ها فعالیت می کنند و هرگز به تیم ملی راه پیدا

نمی‌کنند که وقتی از این افراد راجع به موفقیت‌هایشان سؤال می‌شود هرگز خود را ناموفق معرفی نمی‌کنند و همین‌که توانسته‌اند از بلدان سالم خود به روش مناسب محافظت کنند را پیروزی بزرگی می‌دانند بنابراین فعالیت‌های ورزشی از زمینه‌های المپیاد چه در نهایت به کسب مدال منجر شود و یا نشود همین‌که استعداد خدادادی پرورش می‌یابد موفقیتی است پس بزرگ.

۲. کتب درسی به اذعان اکثر کارشناسان و اساتید سال به سال ساده‌تر شده و برای عموم دانش‌آموزان دلچسب هستند ولی برای دانش‌آموزان ممتاز و تیزهوش به هیچ‌عنوان اغناکننده نمی‌باشند لذا لازم است این سری از دانش‌آموزان فعالیت ویژه‌ای را در رشته‌ی مورد علاقه‌ی خود داشته باشند تا احساس کنند این فعالیت‌ها برای آن‌ها اغناکننده است.

۳. فعالیت‌های المپیادی که در نهایت به حل سوالات پیچیده و عمیق در رشته‌ی مربوطه می‌شود باعث می‌شود تا فرد به تمام مسائل جامعه و پیش‌آمده در زندگی به دید یک مسأله‌ی المپیاد نگاه کرده و در حل آن نسبت به سایر رقبا موفق‌تر باشند. تحقیقات نشان می‌دهد افرادی که با علاقه و اشتیاق حداقل یکی از شاخه‌های المپیاد را دنبال می‌کنند (نه به نیت کسب مدال بلکه به نیت پرورش ذهن) نسبت به سایر افراد در زندگی موفق‌ترند.

۴. زیربنای اکثر دروس پیش‌دانشگاهی در دروس المپیاد بنا نهاده می‌شود بنابراین افرادی که به سبک المپیادی دروس خود را مطالعه می‌کنند در دوره پیش‌دانشگاهی با پایه‌ی بسیار قوی‌تری با دروس مواجه می‌شوند و نسبت به رقبای خود راحت‌تر از عهده آن‌ها بر می‌آیند.

۵. با توجه به مصوبه‌های موجود، کسب مدال در یکی از المپیادهای علمی (حتی مدال برنز) باعث اعطای امتیازهای ویژه‌ای برای داوطلبان کنکور در ورود به دانشگاه‌های سراسری می‌شود که جزئیات آن در سایت‌های معتبر مخصوصاً سایت باشگاه دانش‌پژوهان جوان موجود است.

۶. همچنین با توجه به مصوبه‌های موجود اکثر داوطلبان المپیادها به عضویت نهادهای مختلف از جمله بنیاد ملی نخبگان در می‌آیند که با رجوع به سایت‌های مرتبط با این نهادها و بنیادها امتیازات تعلق‌یافته به اعضا را مشاهده خواهید کرد.

انتشارات خوشخوان مفتخر است از بنیاد تأسیس به فکر تدوین و تألیف منابعی مناسب برای دانش آموزان ممتاز و داوطلبان المپیاد بوده است که خوشبختانه با یاری خداوند متعال و با بهره گیری از اساتید مجربی که خود در سنواتی نه چندان دور مدال آوریکی از المپیادهای علمی بوده اند، کتب متعددی به بازار عرضه شده است که مورد توجه داوطلبان قرار گرفته است. بعد از کسب تجربیات لازم به این نتیجه رسیده ایم که لازم است کتبی به صورت کار تدوین و تألیف شود که در آن هر کتاب مخصوص یک ترم تحصیلی باشد. این پروژه به نام درخت المپیاد نام گرفته است و هر کتاب از این پروژه که در اختیار دارید برگگی از آن درخت خواهد بود.

بدیهی است انجام چنین پروژه ی عظیمی نظر و همت دسته جمعی می طلبد لذا لازم است از تمام دوستان و همکارانی که ما را در انجام این پروژه یاری نموده اند، تشکر و قدر دانی می نمایم و در نهایت نیز از عوامل زحمات گش انتشارات اعم از مشاورین، حروف چین ها، طراحان و کارمندان و کارگران عزیز کمال امتنان را دارم.



باتشکر

رئیس و مدیر انتشارات خوشخوان



در زمان‌های گذشته ترکیبات شیمیایی را با توجه به منبع تهیه آنها به دو دسته کلی تقسیم می‌کردند.

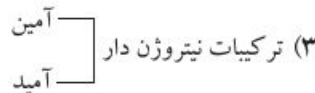
۱. ترکیبات معدنی

۲. ترکیبات آلی

ترکیبات معدنی موادی بودند که از معادن استخراج می‌شدند و ترکیبات آلی موادی بودند که از منابع گیاهی یا حیوانی تهیه می‌شدند، ولی بعدها مشخص شد که برخی ترکیبات آلی را نیز می‌توان از مواد معدنی تهیه کرد.

در ترکیبات آلی تعداد ترکیباتی که وجود دارد خیلی بیشتر از ترکیبات معدنی است و تنوع ترکیبات آلی زیاد است بنابراین برای مطالعه بهتر و راحت‌تر ترکیبات آلی ابتدا باید آنها را دسته‌بندی کرد.

ترکیبات آلی که در این کتاب مورد بررسی قرار می‌گیرند بر اساس نوع عنصر سازنده و بر اساس طرز قرار گرفتن آنها به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:



هیدروکربن‌ها ترکیبات آلی هستند که فقط از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند و به دو دسته کلی آلیفاتیک و آروماتیک تقسیم می‌شوند.

هیدروکربن‌های آلیفاتیک به گروه‌های آلکان، آلکن، آلکین، سیکلوآلکان و ... تقسیم می‌شوند و هیدروکربن‌های آروماتیک شامل بنزن و مشتقات آن می‌باشد.

ترکیبات اکسیژن دار، ترکیباتی هستند که علاوه بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز در ساختار آنها وجود دارد.

ترکیبات نیتروژن دار، ترکیباتی هستند که علاوه بر کربن و هیدروژن، نیتروژن نیز در ساختار آنها وجود دارد.



شیمی آلی یکی از گسترده‌ترین مباحث شیمی است، ولی متأسفانه در کتاب‌های درسی دبیرستان مطالب زیادی در مورد آن مطرح نشده است.

شیمی آلی با توجه به گستردگی مطالب معمولاً فرار و سخت به نظر می‌رسد، ولی در این کتاب سعی شده است که تا حد امکان مطالب به صورت رابطه‌ای و هدفمند باشد تا مطالعه آن از روی قاعده کلی و اصولی باشد و تا حد امکان از حفظ کردن مطالب جلوگیری شود. ولی ماهیت شیمی آلی چون دارای مطالب جدیدی است در برخی موارد نیاز به حفظ کردن دارد. در این کتاب سعی شده است که مباحث مقدماتی شیمی آلی در حد المپیاد شیمی مرحله اول و دوم به طور کامل مورد بررسی قرار گیرد و نیازهای دانش‌آموزان در زمینه شیمی آلی برطرف گردد.

در پایان از آقای حاجی‌زاده مدیرمسئول انتشارات خوشخوان که برای نشر این کتاب زحمات بسیاری کشیده‌اند کمال تشکر را دارم.

بهروز بهنام

# فهرست مطالب

## آلکان ..... ۱

### فصل ۱

۱	ساختار، ایزومری و نام‌گذاری
۳	نام‌گذاری به روش معمولی
۵	نام‌گذاری به روش آیوپاک
۷	انواع شاخه‌های فرعی
۱۴	تهیه آلکان‌ها
۱۵	واکنش‌های آلکان‌ها
۱۵	(۱) واکنش سوختن
۱۷	(۲) واکنش جانشینی رادیکالی
۲۰	(۳) کراکینگ
۲۱	خواص فیزیکی
۷۸	سؤال‌های تشریحی مرحله دوم آلکان
۷۹	پاسخ سؤالات تشریحی مرحله دوم آلکان

## آلکن ..... ۸۷

### فصل ۲

۸۷	ساختار، ایزومر و نام‌گذاری
۸۹	نام‌گذاری آیوپاک آلکن‌ها
۹۲	ایزومر هندسی
۹۴	تهیه آلکن‌ها
۹۵	(۲) آب‌زدایی از الکل‌ها
۹۷	واکنش‌های آلکن‌ها
۹۷	(۱) واکنش سوختن
۹۸	(۲) واکنش افزایشی
۱۰۲	خواص فیزیکی
۱۳۹	سؤال‌های تشریحی مرحله دوم آلکن

پاسخ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم آلکن

۱۴۰

فصل ۳ 

آلکین ..... ۱۴۷

۱۴۷

ساختار، ایزومری و نام‌گذاری

۱۴۹

نام‌گذاری آلیپاک آلکین‌ها

۱۵۱

تهیه آلکین‌ها

۱۵۲

واکنش‌های آلکین‌ها

۱۵۲

واکنش سوختن

۱۵۴

واکنش افزایشی

۱۵۸

واکنش جانشینی

۱۵۹

خواص فیزیکی

۱۸۳

سؤال‌های تشریحی مرحله دوم آلکین

۱۸۴

پاسخ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم آلکین

فصل ۴ 

هیدروکربن‌های حلقوی .. ۱۸۹

۱۸۹

هیدروکربن‌های حلقوی آلیفاتیک

۱۸۹

سیکلو آلکان

۱۹۴

تهیه سیکلو آلکان‌ها

۱۹۷

خواص فیزیکی

۱۹۷

هیدروکربن‌های آروماتیک

۱۹۷

ساختار، ایزومری و نام‌گذاری

۲۰۱

تهیه ترکیبات آروماتیک

۲۰۱

واکنش‌ها

۲۰۴

خواص فیزیکی

۲۲۷

سؤال‌های تشریحی مرحله دوم حلقوی

۲۲۸

پاسخ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم حلقوی

## فصل ۵

### الکل و اتر ..... ۲۳۳

۲۳۳	ساختار، ایزومری و نام‌گذاری
۲۳۴	نام‌گذاری آیوپاک الکل‌ها
۲۳۸	الکل‌های چند عاملی
۲۳۸	تهیه الکل‌ها و اترها
۲۳۸	تهیه الکل‌ها
۲۳۹	تهیه اترها
۲۴۰	واکنش‌ها الکل‌ها و فنول‌ها
۲۴۰	واکنش سوختن الکل‌ها
۲۴۱Na	واکنش با فلز فعال مانند K و
۲۴۱NaOH	واکنش با سود
۲۴۱	واکنش با هیدروژن هالید
۲۴۲	واکنش آب زدایی
۲۴۲	اکسایش الکل‌ها
۲۴۴	خواص فیزیکی
۲۷۶	سؤال‌های تشریحی مرحله دوم الکل و اتر
۲۷۷	پاسخ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم الکل و اتر

## فصل ۶

### آلدهید و کتون ..... ۲۸۳

۲۸۳	ساختار، ایزومری و نام‌گذاری
۲۸۵	نام‌گذاری آیوپاک آلدهیدها
۲۸۵	نام‌گذاری آیوپاک کتون‌ها
۲۸۷	تهیه آلدهیدها و کتون‌ها
۲۸۸	واکنش‌های آلدهیدها و کتون‌ها
۲۸۸	اکسایش
۲۸۹	کاهش
۲۹۰	خواص فیزیکی

- ۳۰۸ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم آلدئید و کتون  
 ۳۰۹ پاسخ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم آلدئید و کتون

### ۳۱۵ ..... اسید و استر



- ۳۱۵ ساختار، ایزومری و نام‌گذاری  
 ۳۱۷ نام‌گذاری آئوپاک اسیدها  
 ۳۲۰ تهیه اسیدها و استرها  
 ۳۲۲ واکنش‌های اسیدها و استرها  
 ۳۲۲ واکنش‌های اسیدها  
 ۳۲۳ قدرت اسیدی  
 ۳۲۵ واکنش‌های استرها  
 ۳۲۶ صابون  
 ۳۲۷ خواص فیزیکی  
 ۳۶۰ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم اسید و استر  
 ۳۶۳ پاسخ سؤال‌های تشریحی مرحله دوم اسید و استر

### ۳۷۵ ..... ترکیبات نیتروژن دار



- ۳۷۵ آمین  
 ۳۷۵ ساختار، ایزومری و نام‌گذاری  
 ۳۷۷ تهیه آمین‌ها  
 ۳۷۷ واکنش‌های آمین‌ها  
 ۳۷۸ آمیدها  
 ۳۷۸ ساختار، ایزومری و نام‌گذاری  
 ۳۷۹ تهیه آمیدها  
 ۳۸۰ واکنش‌های آمیدها  
 ۳۸۰ خواص فیزیکی



# آلکان

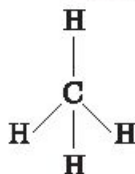


## ساختار، ایزومری و نام‌گذاری

### تعریف آلکان‌ها

آلکان‌ها ساده‌ترین گروه از هیدروکربن‌ها هستند. آلکان‌ها هیدروکربن سیر شده هستند یعنی تمام پیوندها در آن‌ها به صورت ساده است.

ساده‌ترین عضو آلکان متان است.

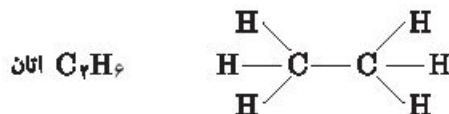


تمام آلکان‌ها دارای فرمول عمومی  $C_nH_{2n+2}$  هستند، و در نام آن‌ها پسوند آن وجود دارد. 

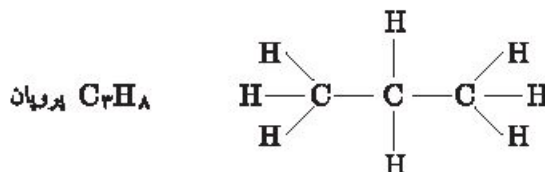
$CH_4$	متان	$C_6H_{14}$	هگزان
$C_2H_6$	اتان	$C_7H_{16}$	هپتان
$C_3H_8$	پروپان	$C_8H_{18}$	اکتان
$C_4H_{10}$	بوتان	$C_9H_{20}$	نونان
$C_5H_{12}$	پنتان	$C_{10}H_{22}$	دکان

قسمت اول اسم آلکان در چهار آلکان اول از روند خاصی پیروی نمی‌کند، ولی از آلکان پنجم (پنتان) قسمت اول نشان دهنده تعداد کربن در ساختار آلکان است.

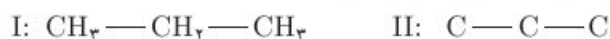
### دومین عضو آلکان اتان است.



### سومین عضو آلکان پروپان است.



در رسم ساختار ترکیبات آلی از روش‌های مختلفی برای راحتی مطالعه این ترکیبات استفاده می‌شود. به طور مثال پروپان را به صورت‌های زیر نمایش می‌دهند.

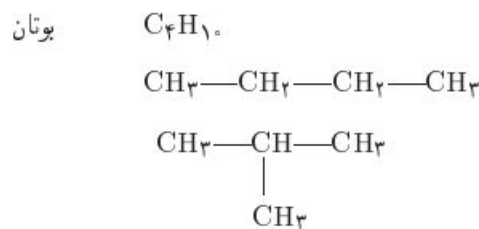


در ساختار I پیوندهای C-H نشان داده نشده است و فقط تعداد اتم‌های H متصل به کربن مشخص شده است. به این ساختار، ساختار فرمولی گویند.

در ساختار II اتم‌های H نشان داده نشده است. چون هر اتم کربن چهار پیوند تشکیل می‌دهد و پیوندهایی که نشان داده نشده است مربوط به اتم‌های H است. به این ساختار، ساختار کربنی گویند.

در ساختار III اتم‌های کربن مشخص نشده است و در این ساختار ابتدا و انتها و هر شکستی در خطوط نشان دهنده یک اتم کربن است. به این ساختار، ساختار خلاصه شده یا اسکلتی گویند. در این کتاب از هر سه ساختار با توجه به کاربرد استفاده می‌شود.

### چهارمین عضو آلکان بوتان است.



بوتان را به دو صورت می‌توان رسم کرد. به این دو ترکیب ایزومر می‌گویند.

**نکته ۱.** ترکیباتی که دارای فرمول بسته یکسان هستند، ولی ساختارگسترده متفاوتی دارند ایزومر گویند. ایزومرها عموماً دارای خواص متفاوتی هستند.

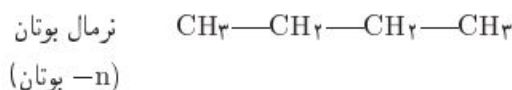
دو ساختاری را که برای بوتان نشان داده شده است باید به صورت مجزا نام‌گذاری کنیم. برای نام‌گذاری ترکیبات آلی معمولاً از دو روش کلی استفاده می‌شود.

۱. نام‌گذاری به روش معمولی  
۲. نام‌گذاری به روش آیوپاک

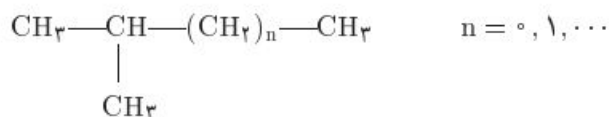
### نام‌گذاری به روش معمولی

کربن‌هایی که به صورت زنجیره‌ای از کربن به هم متصل می‌شوند یک شاخه کربنی را ایجاد می‌کنند. و اگر کربن یا کربن‌هایی از وسط به یک شاخه کربنی متصل شوند یک شاخه فرعی ایجاد می‌شود.

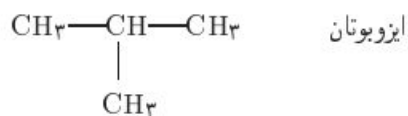
**نکته ۲.** در نام‌گذاری معمولی اگر تمام کربن‌ها در یک شاخه کربنی باشند به این حالت نرمال گویند.



**نکته ۳.** در نام‌گذاری معمولی اگر تمام کربن‌ها در یک شاخه کربنی باشند ولی یک کربن به صورت شاخه فرعی به کربن دوم متصل باشد به این حالت ایزو گویند.

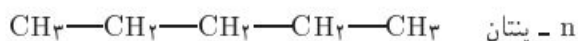


مثال :

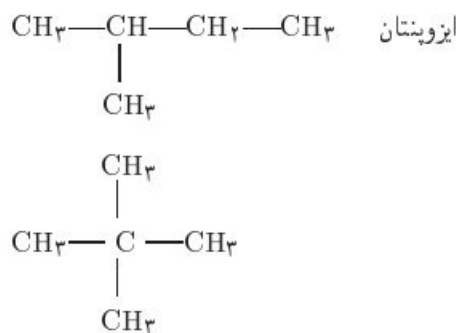


بنابراین دو ایزومر بوتان به روش معمولی ایزوبوتان و n- بوتان هستند.

**پنجمین عضو آلکان پنتان است.**

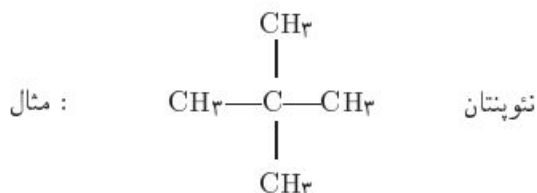
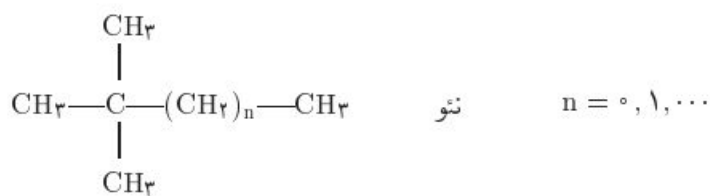






پنتان دارای سه ایزومر است. از این سه ایزومر، دو ایزومر نام آن‌ها مشخص است و برای نام‌گذاری ایزومر سوم از قاعده زیر استفاده می‌کنیم.

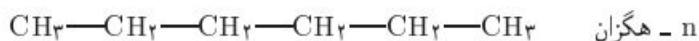
**نکته ۴.** در نام‌گذاری معمولی اگر تمام کربن‌ها در یک شاخه کربنی باشند ولی دو کربن به صورت دو شاخه فرعی به کربن دوم متصل باشند. به این حالت نتو گویند.

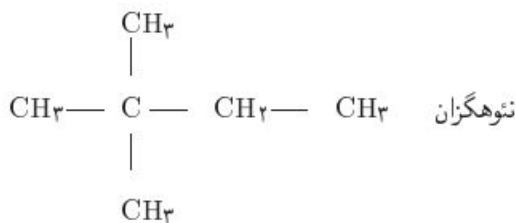
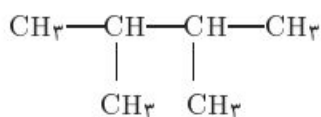
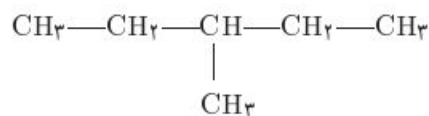
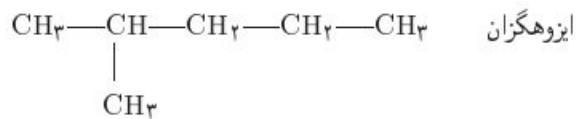


بنابراین پنتان سه ایزومر دارد: n - پنتان، ایزوپنتان و نتوپنتان

**مثال ۱** ایزومرهای هگزان را رسم کنید و آنهایی را که می‌توانید به روش معمولی نام‌گذاری کنید.

حذ: برای این‌که ایزومرهای یک ترکیب را رسم کنیم بهتر است ابتدا تمام کربن‌ها را در یک شاخه کربنی قرار دهیم و برای به دست آوردن ایزومرهای دیگر از شاخه کربنی، کربن کم کنیم و به صورت شاخه فرعی اضافه کنیم.





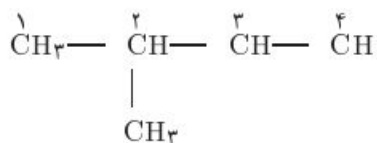
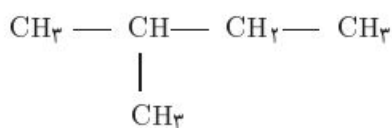
هگزان دارای پنج ایزومر است که فقط سه ایزومر آن را می‌توان به روش معمولی نام‌گذاری کرد. نام‌گذاری معمولی به خاطر محدودیت‌هایی که دارد ادامه پیدا نکرد.

### نام‌گذاری به روش آیوپاک

آیوپاک نام مؤسسه‌ای است که قوانین کلی را در شیمی تعیین می‌کند. برای نام‌گذاری آیوپاک آلکان‌ها از قوانین زیر استفاده می‌کنیم.

۱. تعیین شاخه اصلی: شاخه کربنی که دارای بیش‌ترین تعداد کربن باشد را شاخه اصلی گویند.
۲. شماره‌گذاری شاخه اصلی: شاخه اصلی همواره از سمتی شماره‌گذاری می‌شود که به شاخه‌های فرعی شماره کوچک‌تری نسبت داده شود به شماره کربنی از شاخه اصلی که شاخه فرعی به آن متصل است شماره شاخه فرعی گویند.
۳. ترتیب نوشتن نام ترکیب: ابتدا موقعیت و اسم شاخه‌های فرعی را ذکر می‌کنیم و سپس نام آلکان شاخه اصلی را می‌نویسیم.

**مثال ۲** ترکیب زیر را نامگذاری کنید.



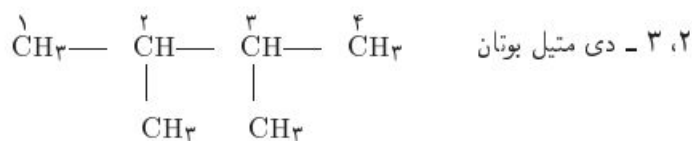
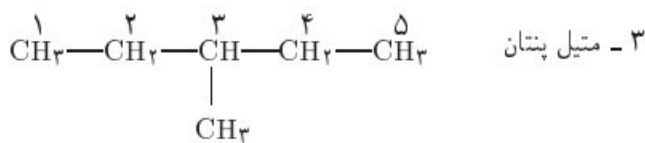
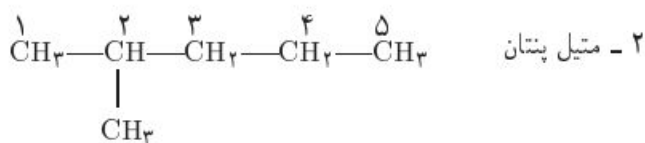
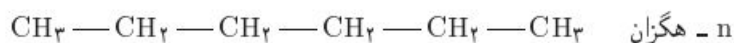
حل:

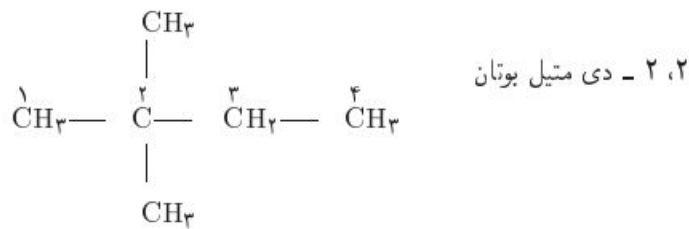
۲- متیل بوتان

شاخه اصلی چهار کربنی است و از سمت چپ شماره‌گذاری می‌کنیم چون به شاخه فرعی عدد کوچک‌تری نسبت داده می‌شود. شاخه فرعی در این ترکیب  $-\text{CH}_3$  است که به آن متیل گویند. در نوشتن اسم ترکیب بین دو عدد باید کاما و بین عدد و حرف باید خط تیره قرار دهیم.

**مثال ۳** ایزومرهای هگزان را به روش آیوپاک نامگذاری کنید.

حل:





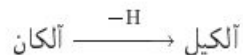
✓ **نکته ۵.** اگر از یک شاخه فرعی چند تا داشته باشیم باید تمام موقعیت‌ها را کنار هم ذکر کنیم و کنار اسم شاخه فرعی تعداد آن را به صورت پیشوند ذکر کنیم، اگر دو تا باشد از دی، سه تا از تری و چهار تا از تترا و ... استفاده می‌کنیم.

برای این‌که بتوانیم به خوبی نام ترکیبات را مشخص کنیم باید اسم شاخه‌های فرعی را به خوبی بدانیم در این قسمت انواع شاخه‌های فرعی را که در ترکیبات آلی وجود دارند را بررسی می‌کنیم.

### انواع شاخه‌های فرعی

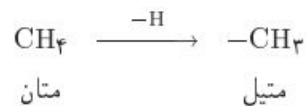
۱. آلکیل      ۲. هالوژن      ۳. نیترو

### ۱. آلکیل

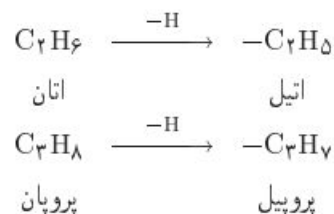


**تعریف** اگر از آلکان یک هیدروژن حذف کنیم به گروه ایجاد شده آلکیل گوئیم.

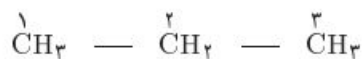
برای نام‌گذاری آن‌ها پسوند آن را حذف و پسوند یل را اضافه می‌کنیم.



در نشان دادن آلکیل کنار کربنی که هیدروژن از آن جدا شده است یک خط قرار می‌دهیم که نشان دهنده این است که آلکیل از کربن موردنظر به شاخه اصلی متصل می‌شود.



در متان و اتان هیدروژن‌ها یکسان بودند و فرقی نمی‌کرد که کدام هیدروژن حذف شود ولی در ساختار پروپان هیدروژن‌ها یکسان نیستند.



هیدروژن متصل به کربن اول با هیدروژن متصل به کربن دوم با هم فرق دارند. بنابراین می‌توانیم آلکیل‌های متفاوتی داشته باشیم. برای توصیف بهتر این موضوع کربن‌ها و هیدروژن‌ها را درجه‌بندی (نوع‌بندی) می‌کنیم.

#### تعریف نوع کربن

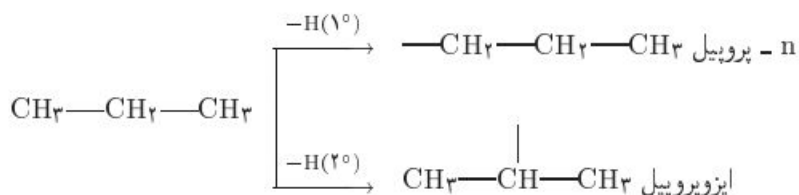
به تعداد اتم‌های کربن که به کربن موردنظر متصل است نوع کربن گویند.

در پروپان کربن شماره ۱ و ۳ نوع اول و کربن شماره ۲ نوع دوم است.

#### تعریف نوع هیدروژن

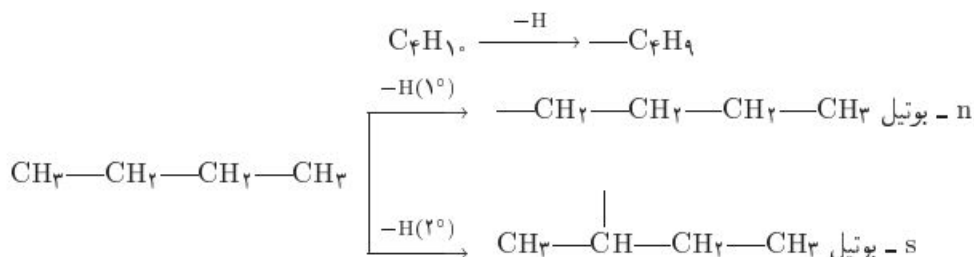
نوع کربنی که هیدروژن موردنظر به آن متصل است نوع هیدروژن گویند.

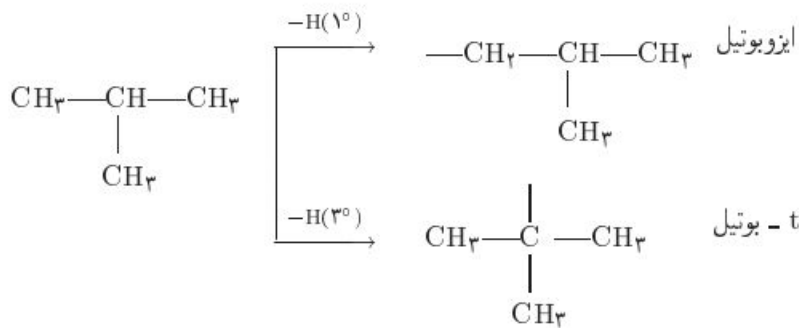
در پروپان هیدروژن‌های متصل به کربن ۱ و ۳ نوع اول و هیدروژن‌های متصل به کربن شماره ۲ نوع دوم هستند بنابراین در پروپان ۶ هیدروژن نوع اول و ۲ هیدروژن نوع دوم است.



نماد  $1^\circ$  یا  $2^\circ$  نشان دهنده نوع اول یا دوم بودن هیدروژن است.

بنابراین آلکیل سه کربنه به دو صورت n - پروپیل و ایزوپروپیل است، که این نام‌ها به صورت معمولی مشخص شده است. در نام‌گذاری آیوپاک می‌توان اسم آلکیل را به صورت معمولی ذکر کرد.

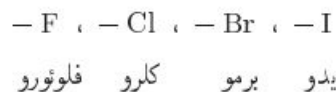




بنابراین آلکیل چهار کربنه به چهار صورت n - بوتیل، s - بوتیل، ایزوبوتیل و t - بوتیل است.

### ۲ هالوژن

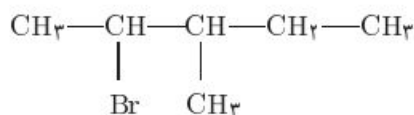
اگر یک هالوژن به عنوان شاخه فرعی باشد، اسم آن به صورت زیر است.



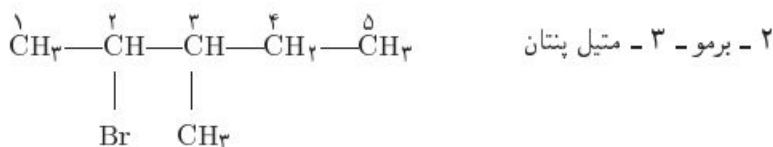
### ۳ نیترو

گروه نیترو به گروه  $-\text{NO}_2$  گویند.

**مثال ۲** ترکیب زیر را نام گذاری کنید.



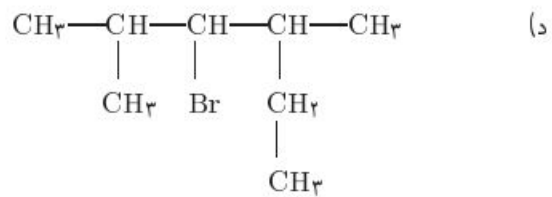
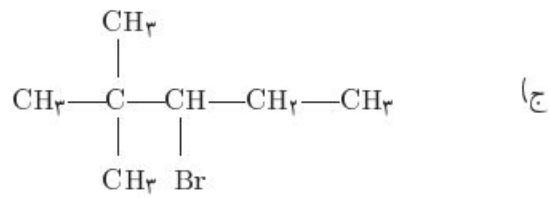
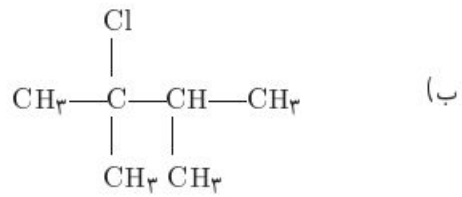
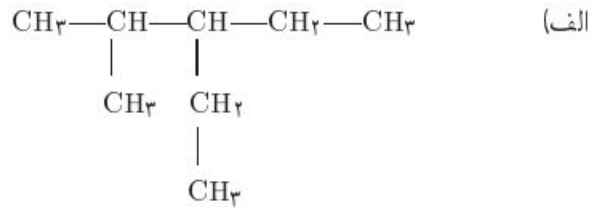
حل:



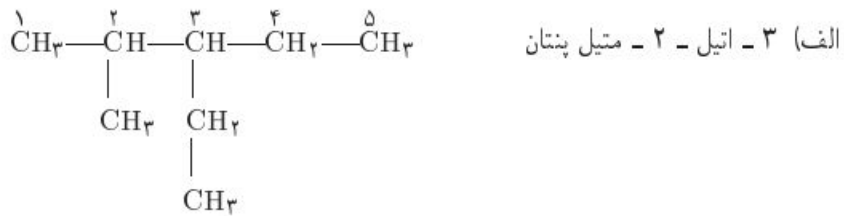
**نکته ۶** ✓ اگر شاخه های فرعی متفاوت باشند باید نام آن ها به صورت مجزا و به ترتیب حروف انگلیسی ذکر شود.

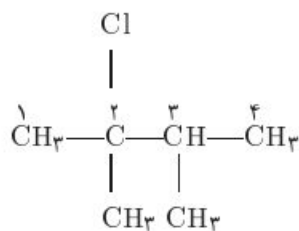
ترکیبات زیر را نام‌گذاری کنید.

مثال ۵

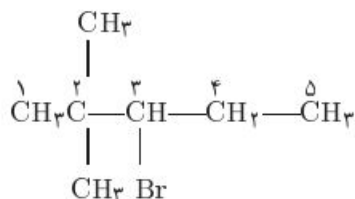


حل:

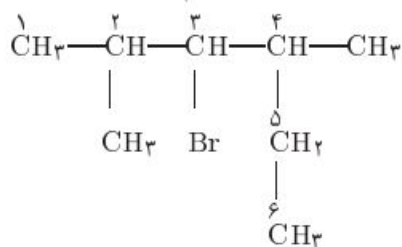




ب) ۲ - کلرو - ۳،۲ - دی متیل بوتان

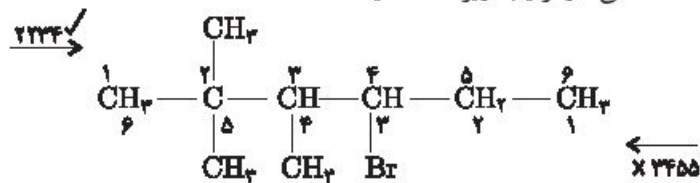


ج) ۳ - برومو - ۲،۲ - دی متیل پنتان



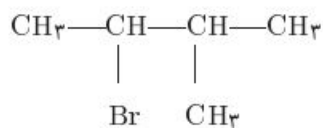
د) ۳ - برومو - ۴،۲ - دی متیل هگزان

**نکته ۷.** هرگاه شاخه‌های فرعی زیاد باشند برای تعیین درست جهت شماره‌گذاری بهتر است از روش زیر استفاده شود. شماره شاخه‌های فرعی را کنار هم می‌نویسیم هر جهت که عدد به دست آمده کوچکتر باشد، جهت درست شماره‌گذاری است. در انتخاب شاخه اصلی در ترکیب زیر دقت کنید.

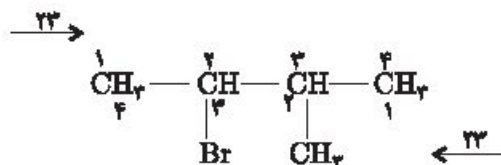


از سمت چپ عدد کوچکتر به دست می‌آید. بنابراین جهت درست است و اسم ترکیب به صورت زیر است.  
۴ - برومو - ۳،۲،۲ - تری متیل هگزان

**مثال ۶** ترکیب زیر را نام‌گذاری کنید.



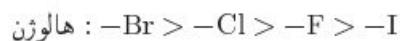




✓ **نکته ۸.** اگر شماره‌گذاری از دو طرف یکسان باشد، برای تعیین جهت درست شماره‌گذاری برای شاخه‌های فرعی حق تقدم در نظر می‌گیریم و شاخه اصلی را از سمتی شماره‌گذاری می‌کنیم که به شاخه فرعی با حق تقدم بیشتر شماره کم‌تر نسبت داده شود.

حق تقدم شاخه‌های فرعی  
 آلکیل > نیترو > هالوژن  
 برای شماره‌گذاری :

حق تقدم در هر گروه براساس ترتیب حروف انگلیسی می‌باشد.  
 به عنوان مثال:

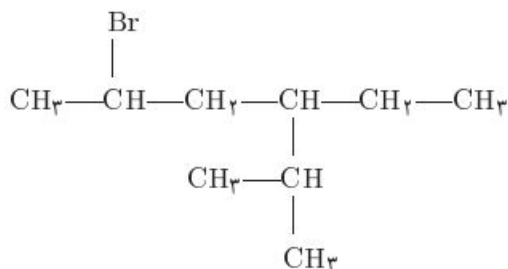


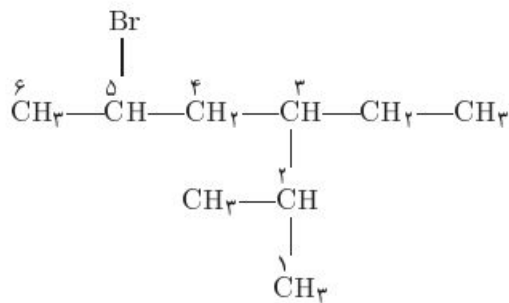
متیل > اتیل : آلکیل

بنابراین اسم درست ترکیب موردنظر به صورت زیر است.

۲ - برم - ۳ - متیل بوتان

**مثال ۷** ترکیب زیر را نام‌گذاری کنید.





در این ترکیب دو شاخه کربنی با تعداد کربن ۶ وجود دارد. و یکی از آن‌ها شاخه اصلی است.

**نکته ۹.** اگر در یک ترکیب دو یا چند شاخه کربنی با بیش‌ترین تعداد کربن وجود داشته باشد، شاخه‌ای، شاخه اصلی است که دارای شاخه فرعی بیش‌تری باشد.

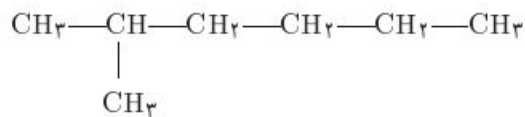
بنابراین اسم درست این ترکیب به صورت زیر است:

۵ - برم - ۳ - اتیل - ۲ - متیل هگزان

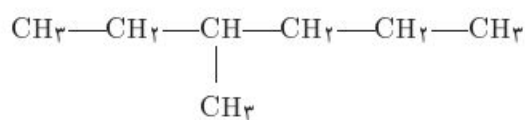
**مثال ۸** ایزومرهای هپتان را رسم کنید و نام‌گذاری کنید.



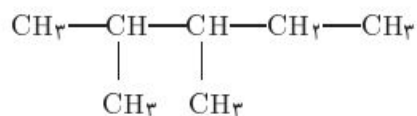
حل: n - هپتان



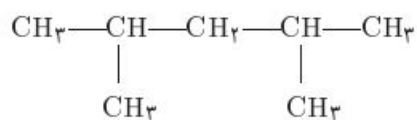
۲ - متیل هگزان



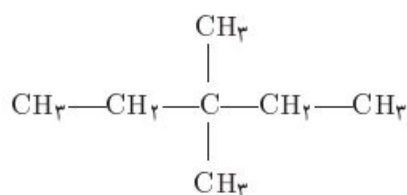
۳ - متیل هگزان



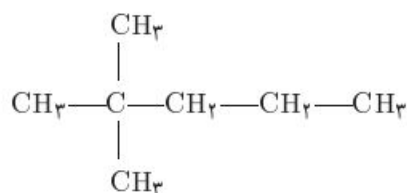
۳،۲ - دی متیل پنتان



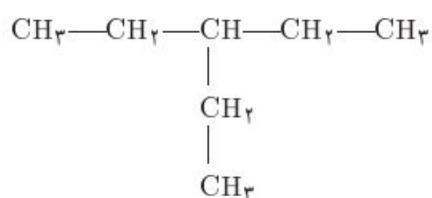
۴،۲ - دی متیل پنتان



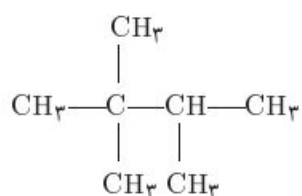
۳،۳ - دی متیل پنتان



۲،۲ - دی متیل پنتان



۳ - اتیل پنتان



۳،۲،۲ - تری متیل بوتان

### تهیه آلکان‌ها

مهم‌ترین منبع تهیه آلکان‌ها، نفت است، که می‌توان از پالایش نفت به آلکان‌های مختلف رسید. برای تهیه آلکان‌ها در آزمایشگاه می‌توان از روش افزایش هیدروژن به آلکن‌ها استفاده کرد. البته از ترکیبات آلی فلزی خاصی نیز می‌توان برای تهیه آلکان استفاده کرد. که مورد بحث ما نمی‌باشد.



در مورد شرایط واکنش تهیه آلکان از آلکن در بحث آلکن‌ها بیشتر بحث می‌کنیم.

واکنش‌پذیری آلکان‌ها کم است، به‌خاطر همین به آن‌ها پارافین نیز می‌گویند. پارافین یعنی ترکیبی که میل به واکنش در آن کم است. واکنش‌های آلکان‌ها را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم می‌شود.

۱. واکنش سوختن
۲. واکنش جانشینی رادیکالی
۳. کراکینگ

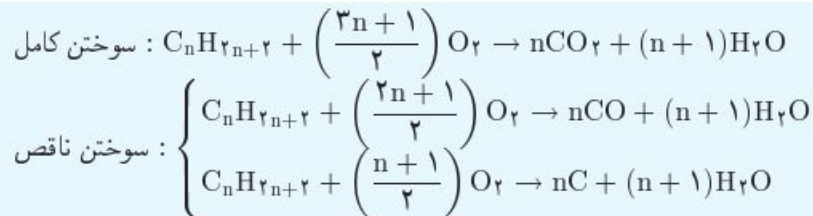
### ۱) واکنش سوختن

**تعریف** به ترکیب شدن یک آلکان با اکسیژن واکنش سوختن گویند.

واکنش سوختن به دو صورت انجام می‌شود. سوختن کامل و سوختن ناقص در سوختن کامل محصول واکنش  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  است، ولی در سوختن ناقص محصول واکنش  $\text{CO}$  یا  $\text{C}$  و  $\text{H}_2\text{O}$  می‌باشد. در سوختن کامل گرمای بیش‌تری نسبت به سوختن ناقص آزاد می‌شود.

دلیل سوختن ناقص کمبود اکسیژن است. اگر اکسیژن به اندازه کافی موجود باشد سوختن کامل صورت می‌گیرد. ولی در عمل ممکن است به دلیل سرعت بالای عمل سوختن اکسیژن به صورت کامل به سوخت نرسد. و مخلوطی از واکنش سوختن کامل و ناقص انجام شود. که در این صورت محصول واکنش  $\text{CO}_2$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{C}$ ، و  $\text{H}_2\text{O}$  می‌باشد.

معادله واکنش سوختن عمومی آلکان‌ها به صورت زیر است.



همان‌طور که در واکنش‌های بالا مشاهده می‌کنید. در واکنش سوختن ناقص اکسیژن کم‌تری مصرف می‌شود.

**مثال ۹** اگر از سوختن کامل  $17/6 \text{ g}$  آلکان  $17/6 \text{ g}$  دی‌اکسیدکربن تشکیل شود، مولکول آن

شامل چند اتم هیدروژن است؟

حی: با توجه به معادله عمومی سوختن کامل آلکان‌ها به‌ازای هر یک مول آلکان  $n$  مول  $\text{CO}_2$  تولید می‌شود.

$$n \text{ mol آلکان} \times \frac{n \text{ mol CO}_2}{n \text{ mol آلکان}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 17.6 \text{ g} \Rightarrow n = 4$$

$$\text{فرمول آلکان: } C_4H_{10} \quad \text{تعداد اتم هیدروژن} = 2n + 2 = 10$$

### ■ گرمای سوختن

واکنش سوختن یک واکنش گرما ده است. گرمای سوختن به دو صورت مولی و گرمی بیان می‌شود.

**تعریف** گرمای سوختن مولی ( $Q_m$ ): گرمایی که به ازای سوختن یک مول ماده سوختنی آزاد می‌شود، و واحد آن معمولاً  $\frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$  است.

**تعریف** گرمای سوختن گرمی ( $Q_g$ ): گرمایی که به ازای سوختن یک گرم ماده سوختنی آزاد می‌شود، و واحد آن معمولاً  $\frac{\text{KJ}}{\text{g}}$  است.

در تعاریف منظور از ماده سوختنی می‌تواند هر ترکیب آلی باشد، که در این جا منظور آلکان است. در آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن گرمای سوختن مولی افزایش و گرمای سوختن گرمی کاهش می‌یابد.

$$n \uparrow \Rightarrow Q_m \uparrow, \quad Q_g \downarrow$$

برای توجیه این مطلب نیاز به دانستن رابطه‌ی  $Q_m$  و  $Q_g$  است.

رابطه‌ی  $Q_m$  و  $Q_g$  به صورت زیر است.

$$Q_g = \frac{Q_m}{M} \quad \text{جرم مولی ماده سوختنی } M$$

اثبات رابطه به صورت زیر است، که براساس تعاریف  $Q_m$  و  $Q_g$  نوشته شده است.

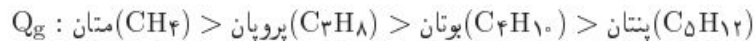
$$\text{ماده سوختنی} \frac{\text{ماده سوختنی}}{\text{g}} \times \frac{\text{ماده سوختنی}}{\text{mol}} \times \frac{Q_m \text{ KJ}}{\text{mol}} = Q_g \text{ KJ}$$

**نکته ۱۰.** با افزایش تعداد کربن در آلکان، بر اثر سوختن آلکان مقدار  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تولید شده بیش تر می شود و چون پیوندها در  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  قوی تر از مواد اولیه است بنابراین گرمای سوختن مولی با افزایش  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$ ، افزایش می یابد. با افزایش تعداد کربن جرم مولی آلکان نیز افزایش می یابد، ولی افزایش جرم مولی بر افزایش گرمای سوختن مولی برتری دارد، بنابراین گرمای سوختن گرمی کاهش می یابد.

**مثال ۱۰** گرمای سوختن گرمی کدام آلکان زیر بیش تر است؟

(۱) پنتان (۲) پروپان (۳) متان (۴) بوتان

ح: در گرمای سوختن گرمی هر چه تعداد کربن کم تر باشد، گرمای بیش تر است بنابراین ترتیب گرمای سوختن گرمی ترکیبات به صورت زیر است:



یکی از کاربردهای گرمای سوختن، تعیین پایداری ترکیبات است. هرچه گرمای سوختن بیش تر باشد ترکیب ناپایدارتر است. البته در مواردی بیش تر کاربرد دارد که محصولات یکسان باشند.

## ۲) واکنش جانشینی رادیکالی

**تعریف** در واکنش جانشینی رادیکالی یک یا چند اتم هالوژن جانشین یک یا چند اتم هیدروژن در آلکان می شود. و چون هالوژن به صورت رادیکالی جانشین هیدروژن می شود به آن جانشینی رادیکالی گویند.

برای انجام این واکنش نیاز به گرما یا اشعه فرابنفش برای شروع واکنش است.



این واکنش یک مثال ساده از واکنش جانشینی رادیکالی است که در آن متان با کلر واکنش می دهد و یک اتم کلر جانشین یک اتم هیدروژن متان می شود. واکنش جانشینی رادیکالی می تواند ادامه یابد و در چند مرحله انجام شود. که در هر مرحله یک اتم هالوژن جانشین اتم هیدروژن می شود. متان می تواند حداکثر در چهار مرحله هالوژن دار شود. این که واکنش تا چه مرحله ای ادامه یابد بستگی به مقدار مواد اولیه

و شرایط تجربی واکنش دارد.



واکنش عمومی هالوژن دار شدن آلکان‌ها به صورت زیر است:



n: تعداد اتم کربن    m: تعداد هالوژن جانشین شده    X: نوع اتم هالوژن

### ■ مکانیسم واکنش جانشینی رادیکالی

#### تعریف مکانیسم واکنش

بررسی مرحله به مرحله یک واکنش شیمیایی را مکانیسم واکنش گویند.

واکنش جانشینی رادیکالی در سه مرحله انجام می‌شود.

۱. شروع    ۲. انتشار    ۳. پایانی

۱. شروع: در این مرحله مولکول هالوژن به رادیکال هالوژن تبدیل می‌شود.

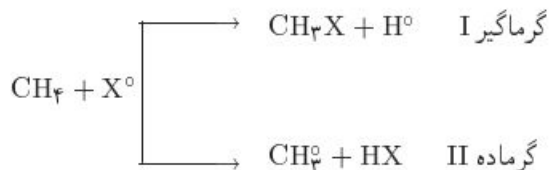


این مرحله گرماگیر است و پیوند هالوژن به صورت متقارن شکسته می‌شود و دو رادیکال هالوژن

تولید می‌شود.

۲. انتشار: در این مرحله یک رادیکال به یک مولکول برخورد می‌کند و نوع رادیکال تغییر می‌کند. این

مرحله عموماً گرماده است.



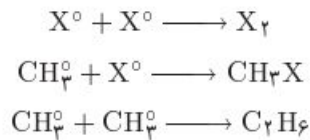
در این مرحله واکنش I انجام نمی‌شود چون گرماگیر است.

رادیکال  $\text{CH}_3^\circ$  تولید شده در قسمت قبل می‌تواند با مولکول هالوژن برخورد کند.



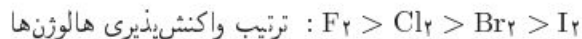
واکنش با رادیکال  $X^\circ$  شروع شد و در نهایت دوباره  $X^\circ$  تولید شد. این واکنش‌ها می‌توانند به صورت زنجیروار تکرار شوند. و محصول را تولید کنند.

۳. پایانی: در این مرحله دو رادیکال با هم برخورد می‌کنند و یک مولکول تولید می‌شود. این مرحله گرماده است.



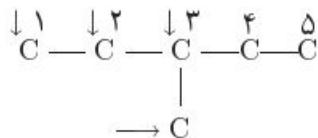
یکی از محصولات مرحله پایانی  $C_2H_6$  است که مقدار آن کم است و به همین دلیل به آن محصول فرعی گویند.

واکنش جانشینی رادیکالی در مورد  $F_2$  و  $I_2$  کم‌تر بررسی می‌شود. زیرا واکنش  $F_2$  به شدت گرماده است و واکنش را از حالت عادی خارج می‌کند، و واکنش  $I_2$  گرماگیر است و پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در شرایط عادی ندارد.



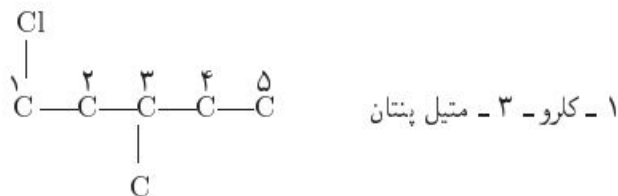
**مثال ۱۱** بر اثر کلردار کردن ۳ - متیل پنتان چند مشتق مونوکلرو ایجاد می‌شود؟

حل:

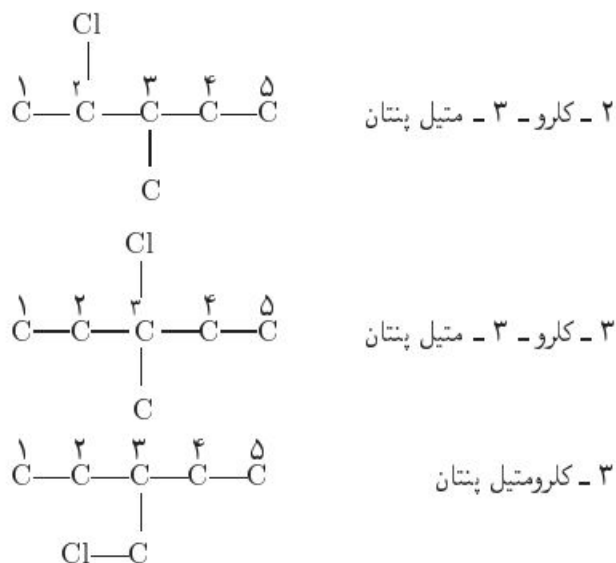


در این واکنش یک اتم کلر جانشین اتم هیدروژن در ۳ - متیل پنتان می‌شود. کلر می‌تواند جانشین هیدروژن‌های متفاوتی از نظر موقعیت شود. در ساختار بالا هر فلش نشان دهنده یک موقعیت اتم کلر است. موقعیت‌هایی که مشخص نشده‌اند، موقعیت‌های تکراری هستند که در نظر گرفته نشده است. موقعیت ۱ با ۵ و موقعیت ۲ با ۴ یکسان است.

در ساختار بالا هر چهار حالت ممکن، در یک جا مشخص شده‌اند، که این روش هم دقت و هم سرعت را بیشتر می‌کند. ساختارهای بالا به صورت مجزا به صورت زیر است.

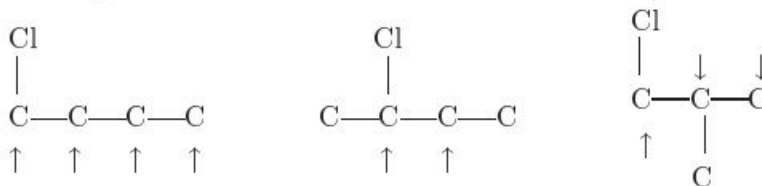






### مطل ۱۲ بوتان دارای چند مشتق دی کلرو است؟

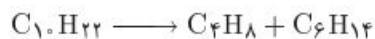
حل: بهترین روش برای تعیین تعداد مشتقات دی کلرو این است که ابتدا تمام ساختارهای کربنی آلکان را رسم کنیم و سپس در هر ساختار کربنی یکی از اتم‌های کلر را ثابت نگه داریم و موقعیت‌های متفاوت اتم کلر دوم را مشخص کنیم و این کار را با تغییر موقعیت کلر ثابت و ساختارهای کربنی ادامه دهیم.



هر فلش یک موقعیت برای کلر دوم را مشخص کنید. بنابراین بوتان دارای ۹ مشتق دی کلر می‌باشد.

### ۳) کراکینگ

**تعریف** واکنش کراکینگ مختص آلکان‌های سنگین است، واکنش کراکینگ، واکنشی است که در آن یک هیدروکربن سنگین به دو هیدروکربن سبک شکسته می‌شود.



واکنش کراکینگ به دو صورت گرمایی و کاتالیزوری انجام می‌شود. در کراکینگ گرمایی هیدروکربن بر اثر حرارت شکسته می‌شود ولی در کراکینگ کاتالیزوری یک کاتالیزور با گرمای کمتر عمل کراکینگ را انجام می‌دهد.

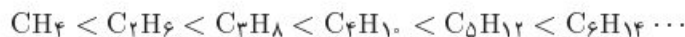
### خواص فیزیکی

آلکان‌ها در آب نامحلول هستند، ولی در حلال‌های غیر قطبی حل می‌شوند. چگالی آلکان‌ها با افزایش تعداد کربن افزایش می‌یابد.

دمای ذوب آلکان‌ها به جز سه آلکان اول با افزایش تعداد کربن افزایش می‌یابد.



دمای جوش آلکان‌ها با افزایش تعداد کربن افزایش می‌یابد.



دمای ذوب در ایزومرهای یک آلکان با افزایش تعداد شاخه‌های فرعی کاهش می‌یابد. ولی اگر طرز قرار گرفتن شاخه‌های فرعی به نحوی باشد که یک ترکیب متقارن ایجاد کند، آن ترکیب از دیگر ایزومرها دمای ذوب بالاتری دارد.

دمای جوش در ایزومرهای یک آلکان با افزایش تعداد شاخه‌های فرعی کاهش می‌یابد. گرانیروی آلکان‌ها با افزایش تعداد کربن افزایش می‌یابد.

**مثال ۱۳** دمای ذوب و جوش را در ایزومرهای پنتان با هم مقایسه کنید.

نو پنتان: III    ایزوپنتان: II    n - پنتان: I

حل:

دمای جوش : I > II > III

دمای ذوب : III > I > II

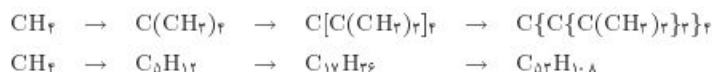
جدول خواص فیزیکی آلکان‌ها

نام	فرمول	نقطه ذوب °C	نقطه جوش °C	چگالی (در ۲۰°C)
متان	CH <sub>4</sub>	-۱۸۳	-۱۶۲	
اتان	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۷۲	-۸۸٫۵	
پروپان	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۸۷	-۴۲	
n - بوتان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۳۸	۰	
n - پنتان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۳۰	۳۶	۰٫۶۲۶
n - هگزان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	-۹۵	۶۹	۰٫۶۵۹
n - هپتان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	-۹۰٫۵	۹۸	۰٫۶۸۴
n - اکتان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>	-۵۷	۱۲۶	۰٫۷۰۳
n - نونان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	-۵۴	۱۵۱	۰٫۷۱۸
n - دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>	-۳۰	۱۷۴	۰٫۷۳۰
n - اون دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>	-۲۶	۱۹۶	۰٫۷۴۰
n - دودکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۰	۲۱۶	۰٫۷۴۹
n - تری دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> CH <sub>3</sub>	-۶	۲۳۴	۰٫۷۵۷
n - تترا دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> CH <sub>3</sub>	۵٫۵	۲۵۲	۰٫۷۶۴
n - پنتا دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> CH <sub>3</sub>	۱۰	۲۶۶	۰٫۷۶۹
n - هگزا دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CH <sub>3</sub>	۱۸	۲۸۰	۰٫۷۷۵
n - هپتا دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>15</sub> CH <sub>3</sub>	۲۲	۲۹۲	
n - اکتا دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> CH <sub>3</sub>	۲۸	۳۰۸	
n - نونا دکان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>17</sub> CH <sub>3</sub>	۳۲	۳۲۰	
n - ایکوزان	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> CH <sub>3</sub>	۳۶		
ایزوبوتان	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>3</sub>	-۱۵۹	-۱۲	
ایزوپنتان	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۶۰	۲۸	۰٫۶۲۰
نتوپنتان	(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> C	-۱۷	۹٫۵	
ایزو هگزان	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۵۴	۶۰	۰٫۶۵۴
۳ - متیل پنتان	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-۱۱۸	۶۳	۰٫۶۷۶
۲،۲ - دی متیل بوتان	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-۹۸	۵۰	۰٫۶۴۹
۳،۲ - دی متیل بوتان	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-۱۲۹	۵۸	۰٫۶۶۸

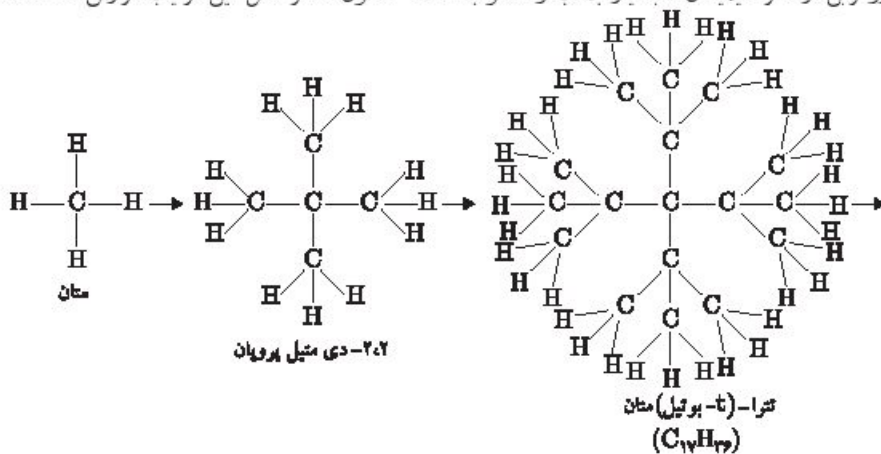


### ایزومرها، ممکن و غیرممکن

برای آلکان  $C_{10}H_{22}$ ، ۷۵ ایزومر وجود دارد. چنانچه تعداد کربن‌ها را دو برابر کنیم ( $C_{20}H_{42}$ )، فکر می‌کنید چند ایزومر از چندین ایزومرهای امکان‌پذیر باشند؟ پاسخ ۳۶۶۳۱۹ ایزومر است! و اگر تعداد کربن را دوباره دو برابر کنیم ( $C_{40}H_{82}$ ) وجود چند ایزومر امکان‌پذیر خواهد بود؟ به‌طور دقیق  $۱۱۴۷۳۴۱۰۱۱۴۸۱۸۰۶۲۴$  البته هیچ‌کس قادر نیست با قلم و کاغذ یا ساختن مدل مولکولی تعداد ایزومرهای امکان‌پذیر را محاسبه کند. تعیین تعداد ایزومرها بدین طریق برای مولکول‌های پیچیده نیاز به سپری کردن عمری دارد. برای تعیین تعداد ایزومرها، معادلات پیچیده ریاضی توسعه یافته‌اند. گرچه می‌توانیم بر روی کاغذ فرمول برخی از ایزومرها را رسم کنیم، اما تهیه و ساخت آن‌ها ممکن است مشکل و یا حتی غیرممکن باشد. به عنوان مثال یک سری از آلکان‌های به‌دست آمده از جایگزینی هیدروژن‌های متان را با گروه‌های متیل و تکرار فرآیند را به‌طور نامحدود در نظر بگیرید. با توجه به شکل ملاحظه می‌کنید که گرچه آن‌ها به‌صورت دو بعدی در نظر گرفته شده‌اند اما در وسط و مرکز کربن‌ها مجتمع شده و در سطح اتم‌های هیدروژن قرار می‌گیرند.



در سه بعد، مولکول‌ها تقریباً کروی هستند. از این ترکیبات فقط دو ترکیب اول شناخته شده‌اند (متان و ۲،۲ - دی متیل پروپان). هیدروکربن  $C_{17}H_{36}$  (تترا - t - بوتیل متان یا دقیق‌تر ۳،۳ - دی - t - بوتیل ۴،۴،۲،۲ - تترا متیل پنتان) تاکنون سنتز نشده است و چنانچه روزی سنتز گردد تحت کشیدگی شایان توجهی خواهد بود. دلیل به سادگی این است که فضای کافی در سطح مولکول برای گروه‌های متیل وجود ندارد. محاسبات بر اساس مدل‌های فضایی توپر نشان می‌دهند که پنج کربن داخلی کره‌ای با سطح تقریبی  $۸۵A^2$  می‌سازند، در حالی که ۲۱ گروه متیل به سطحی برابر با  $۱۰۷۸A^2$  نیازمندند. از این رو، سنتز این ایزومر  $C_{17}H_{36}$  به سختی امکان‌پذیر است. اما چنانچه تهیه شود، زوایا و طول پیوندها از حالت نرمال کاملاً فاصله دارند. بدین ترتیب سنتز این هیدروکربن از نظر شیمیدان‌ها بسیار جالب و مطلوب است. تاکنون سنتز کامل این ترکیب گزارش نشده است.



ایزومر مشابهی نیز از ترکیب  $C_{53}H_{108}$  ساخته شده است. این ساختمان نیز تحت کشیدگی فراوان قرار دارد.

مانند محدودیت ایجاد این هیدروکربن‌ها، رشد درخت‌ها، اسفنج‌ها و سایر شکل‌های بیولوژیکی با توجه به نسبت سطح به حجم محدودیت می‌یابند.

### متان، گاز مرداب و تجربه میلر

متان به‌طور متداول از طبیعت به‌دست می‌آید. باکتری‌ها، مواد آلی را در مرداب‌ها، لجن‌زارها یا ته‌نشین‌های گلی دریاچه‌ها، در غیاب اکسیژن تجزیه کرده، متان به‌دست می‌آید. از این‌رو به متان گاز مرداب نیز گفته می‌شود. در چین متان از ته لجن‌زارهای گلی جمع‌آوری شده، به مصرف خوراک‌پزی و روشنایی می‌رسد. متان همچنین توسط باکتری‌ها در طول هضم غذا در سیستم گوارش حیوانات نشخوارکننده‌ای مانند گاو ایجاد می‌گردد.

میزان تولید متان توسط باکتری‌ها شایان توجه است. جو زمین حاوی میانگین یک قسمت در یک میلیون متان است. به علت این‌که سیاره ما در مقام مقایسه کوچک بوده، متان نسبت به سایر اجزای هوا ( $O_2$  و  $ON$ ) سبک‌تر است انتظار می‌رود قسمت اعظم متان از جو خارج گردد. غلظت تعادلی متان به میزان بسیار کم‌تری از مقدار مشاهده شده محاسبه گردیده است. علت غلظت مشاهده شده نسبی بالای متان این است که با خارج شدن آن از جو، دوباره توسط باکتری‌ها از تجزیه مواد گیاهی ایجاد می‌گردد.

در شهرهای بزرگ میزان متان در جو بیش‌تر بوده به چند قسمت در میلیون می‌رسد. غلظت متان در صبح زود و اواخر بعدازظهر یعنی در زمان ازدحام ترافیکی خودروها، حداکثر است. خوش‌بختانه، متان که تشکیل دهنده در حدود ۵۰٪ از آلودگی‌های هیدروکربنی هواست، اثر زیان‌بخش مستقیمی بر سلامتی انسان ندارد.

گاهی متان در معادن زغال سنگ جمع می‌شود. این جمع شدن متان می‌تواند خطرناک باشد، زیرا هنگامی که متان با ۵ تا ۱۴٪ هوا مخلوط شود، منفجر شونده است. همچنین تجمع این میزان گاز می‌تواند باعث خفگی (به‌علت کمبود اکسیژن) معدن‌چیان شود. غلظت‌های خطرناک متان را می‌توان توسط دستگاه‌های ایمنی متعددی آشکارسازی کرد.

هیدروژن متداول‌ترین عنصر در منظومه شمسی است. (۸۷٪ جرم خورشید هیدروژن است). از این رو تصور این‌که در هنگام تشکیل سیارات، سایر عناصر در فرم کاهیده (نه اکسیده) بوده‌اند، معقول است. به عنوان مثال کربن به‌صورت متان، نیتروژن به‌صورت آمونیاک و اکسیژن به‌صورت آب بوده‌اند. در واقع برخی از سیارات دورتر (مانند زحل و زوپیتر) هنوز دارای جوی مملو از متان و آمونیاک هستند.

یک آزمایش جالب و معروف در سال ۱۹۵۳ توسط استانلی. ل. میلر (در آن زمان در آزمایشگاه ه. س. اوری در دانشگاه کلمبیا به تحقیق مشغول بود) انجام پذیرفته است. آزمایش او این ایده که حیات از یک جو کاهیده آغاز شده را تقویت می‌کند. میلر دریافت که مخلوطی از متان، آمونیاک، آب و هیدروژن در اثر تخلیه الکتریکی (برای ایجاد نور) به ترکیبات آلی خاصی (به عنوان مثال آمینو اسیدها) که اهمیت بیولوژیکی و حیاتی دارند، تبدیل می‌شوند. نتایج مشابهی نیز با به‌کارگیری گرما و نور فرابنفش به‌جای تخلیه الکتریکی به‌دست آمده است (به‌نظر می‌رسد که جو ابتدایی زمین در معرض مقدار بیش‌تری از تابش فرابنفش بوده است). هنگامی که به جو کاذب اکسیژن افزوده شد، تولید آمینو اسیدها متوقف گردید. این نتیجه شاهد خوبی برای این حقیقت است که جو ابتدایی زمین فاقد اکسیژن آزاد بوده است.

از آزمایش میلر برای پژوهش‌های علمی در شاخه‌ای از علم، موسوم به تکامل شیمیایی به عنوان مدل استفاده می‌شود. تکامل شیمیایی، مطالعه وقایعی است که ممکن است بر روی زمین یا هر سیاره دیگری در کیهان رخ داده، منجر به ظاهر شدن اولین سلول زنده شده باشد!

در سال‌های بعد از آزمایش میلر، در نتیجه تجربه‌ها، کشف‌های کرات دیگر و فضاهای دور دست، عقاید درباره شیمی پیدایش حیات، دقیق‌تر و جامع‌تر شده است. اکنون می‌دانیم که جو اولیه زمین عمدتاً از یک لایه داخلی بدون گاز مذاب به‌جای توده‌های عظیم گازی تشکیل می‌شده است. حال مشخص شده است که منبع کربنی جو

اولیه زمین CO<sub>2</sub> و CO و نه متان تصور شده توسط میلر، بوده است. در جو، نیتروژن و نه آمونیاک وجود داشته است. به هر حال تکرار آزمایش میلر با این ترکیبات فرض شده نیز مولکول‌های حیاتی را به دست می‌دهد.

## نفت، بنزین و عدد اکتان

در حال حاضر، نفت مهم‌ترین سوخت فسیلی است. برای حفظ و بقای جامعه صنعتی، پس از غذا، هوا، آب و مسکن به نفت نیازمندیم. این طلای سیاه چیست و چگونه از آن استفاده می‌کنیم؟ نفت، مخلوط پیچیده‌ای از هیدروکربن‌ها است که در طی سال‌های طولانی از فساد تدریجی حیوانات و گیاهان دفن شده در اعماق زمین، ایجاد می‌گردد. نفت خام یک مایع گرانبه است که در سفره‌های رسوبی زیرزمینی جمع می‌شود (لغت پترولیوم به معنی روغن صخره است و از فرهنگ یونانی گرفته شده است). این ماده از طریق حفاری و پمپ کردن، به سطح زمین آورده می‌شود. برای استفاده بهینه، نفت خام، پالایش می‌شود.

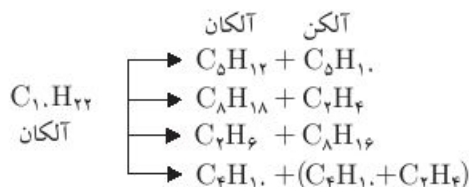
### اجزای معمولی نفت

Boiling range, °C	Name	Range of carbon atoms per molecule	Use
below 20	gases	C <sub>1</sub> to C <sub>4</sub>	heating, cooking, petrochemical raw material
	naphtha; straight-run gasoline	C <sub>5</sub> to C <sub>12</sub>	fuel; lighter fractions (such as bp 30-60°C) also petroleum ether, used as laboratory solvents
200-300	kerosene	C <sub>12</sub> to C <sub>15</sub>	fuel
300-400	fuel oil	C <sub>15</sub> to C <sub>18</sub>	heating homes, diesel fuel
more than 400		over C <sub>18</sub>	lubricating oil, greases, paraffin waxes, asphalt

اولین مرحله در پالایش نفت، معمولاً تقطیر است. نفت خام در حدود ۴۰۰°C گرما داده شده بخار حاصل به یک ستون بلند جزء‌جزء کننده هدایت می‌شود. اجزای با نقطه جوش کم‌تر سریع‌تر به بالای ستون رسیده در آنجا در اثر سرد کردن جزء‌به‌جزء اجزای با نقاط جوش مختلف می‌توان نفت خام را به اجزای نشان داده شده در جدول جداسازی کرد.

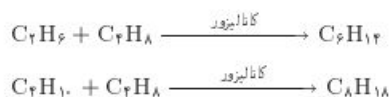
بنزین، تقریباً ۲۵ ↓ نفت خام را تشکیل می‌دهد. اما این جزء به عنوان سوخت و منبع مواد اولیه صنعت پتروشیمی با ارزش‌ترین جزء نفت خام است. صنعت پتروشیمی، الیاف سنتزی، پلاستیک‌ها و بسیاری از مواد اولیه مفید را در اختیار صنایع دیگر قرار می‌دهد. به این دلیل، بسیاری از فرایندهای دیگر برای تبدیل سایر اجزا به بنزین، توسعه یافته‌اند.

اجزای با نقاط جوش بالاتر را می‌توان توسط گرماو کاتالیزور (عمدتاً سلیکا و آلومینا) به محصولات با زنجیره‌های کوتاه‌تر کربنی و از این رو با نقاط جوش کم‌تر، تبدیل کرد. زنجیر کربنی می‌تواند از نقاط زیادی گسسته شود.



برای موازنه‌ی تعداد هیدروژن‌ها، هر آلکان خاصی باید در اثر گسسته شدن به یک آلکان و یک آلکن تبدیل شود. از این رو، کراکینگ کاتالیزوری آلکان‌های بزرگ‌تر را به مخلوطی از آلکان‌ها و آلکن‌های کوچک‌تری تبدیل کرده، میزان بنزین را در نفت خام بالا می‌برد.

در طی فرایند کراکینگ، مقادیر قابل توجهی از هیدروکربن‌های گازی اتن، پروپن، بوتن‌ها و بوتان‌ها ایجاد می‌شوند. برخی از این مواد، به ویژه اتن به عنوان مواد پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تولید بنزین بیش‌تر، دانشمندان روش‌هایی را برای تبدیل این هیدروکربن‌های با وزن مولکولی پایین به هیدروکربن‌های بزرگ‌تری که در گستره نقطه‌جوش بنزین، می‌جوشند، ابداع کرده‌اند. یکی از این روش‌ها آلکیل‌دار شدن است. این فرایند شامل تلفیق یک آلکان با یک آلکن برای ایجاد یک آلکان با نقطه‌جوش بالاتر است.



این فرایندها که در دهه‌ی ۱۹۳۰ توسعه یافته‌اند در تهیه سوخت هواپیما در جنگ جهانی دوم اهمیت قابل توجهی داشتند و هنوز برای تهیه بنزین با عدد اکتان بالا، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به عدد اکتان اشاره کردیم. حال باید ببینیم عدد اکتان چه اهمیتی دارد؟ برخی از هیدروکربن‌ها، به ویژه آن‌هایی که دارای ساختمان‌های شاخه‌دارند، به خوبی در موتور سوخته، با همگونی و به نحوی مناسب پیستون را به جلو می‌رانند. تعدادی از هیدروکربن‌ها، به‌ویژه هیدروکربن‌های بدون شاخه در سیلندر حالت انفجاری داشته، پیستون را با شدت به جلو می‌رانند. این انفجارهای نامطلوب باعث ایجاد کوبش‌های ناموزون در موتور می‌گردد. سال‌ها پیش معیاری برای ارزیابی خصلت کوبش بنزین، ابداع گردید. ایزو اکتان (۲،۲،۴-تری متیل پنتان) یک سوخت عالی با ساختمانی شاخه‌دار است. به این هیدروکربن عدد اختیاری ۱۰۰ داده شده است. هپتان یک سوخت بسیار بد است؛ به این هیدروکربن عدد اختیاری ۰ داده شده است.

بنزین معمولی با عدد اکتان ۸۶ «خاصیت کوبشی» مخلوطی از ۸۷ ایزو اکتان و ۱۳ هپتان را داراست.

افزایش مقدار کمی از تترااتیل سرب  $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{Pb}$  به بنزین، درجه اکتان را افزایش داده، اما اثرهای نامطلوبی را در محیط زیست باقی می‌گذارد. به عنوان مثال، شواهدی در دست است که در شهرهای با ترافیک متراکم و میزان دود خودرو بالا، مقدار سرب موجود در خون به ویژه خردسالان بالاست به هر حال بنزین‌های بی‌سرب برای عمل مطلوب باید انباشته از هیدروکربن‌های با عدد اکتان بالا باشند. از این رو توسعه روش‌های تبدیل هیدروکربن‌های بدون شاخه به هیدروکربن‌های شاخه‌دار مطلوب است و همچنین پژوهش‌های زیادی برای یافتن افزودنی‌های با سمیت کم‌تر از تترااتیل سرب در جریان می‌باشد.

کاتالیزورهای ویژه‌ای می‌توانند آلکان‌های بدون شاخه را به آلکان‌های شاخه‌دار تبدیل کنند. این فرایند به

