

فهرست مطالب

فصل ۱ ۹

نامگذاری آلکن ها	۹
قوانین نامگذاری IUPAC	۱۰
درجه سیرنشده گی (اشباع نشده گی)	۱۲
ساختار آلکن ها	۱۳
ایزومری فضایی در آلکن ها	۱۶
نامگذاری	۱۸
خواص فیزیکی	۲۰
هیدروژن دار کردن آلکن ها	۲۱
پایداری نسبی آلکن ها	۲۴
روش های تهیه آلکن ها	۲۵
مکانیسم واکنش	۲۶
قانون سایترف	۲۸
شیمی فضایی واکنش E2	۲۹
شواهد تجربی برای مکانیسم E2	۳۲
رقابت بین حذف و استخلاف (E2 در مقابل SN2)	۳۳
مقایسه واکنش های حذفی در آلکیل هالیدها و الکل ها	۴۰
واکنش های آلکن ها	۴۱
گونه های الکترون دوست	۴۲
استرئوشیمی واکنش	۴۴
دی ان ها	۷۲
مقایسه ی پایداری دی ان ها	۷۲
واکنش های افزایشی الکتروفیلی دی ان ها	۷۴
افزایش رادیکالی	۷۸
پلیمریزاسیون رادیکالی دی ان ها	۷۹
آلکین ها	۸۰
نامگذاری آلکین ها	۸۰
ساختار آلکین ها	۸۱
خواص فیزیکی آلکین ها	۸۲
روش های تهیه ی آلکین ها	۸۲
واکنش های آلکین ها	۸۳
نکات باقیمانده	۸۵
تمرین های انتهای فصل	۹۳

فصل ۲ ۱۰۵

ساختار بنزن	۱۰۵
-------------------	-----

آروماتیسیته	۱۰۹
بررسی اربیتال های مولکولی در ترکیبات آروماتیک و ضد آروماتیک	۱۱۱
خلاصه آنون ها	۱۱۲
نامگذاری مشتقات بنزن	۱۱۲
واکنش های جانشینی الکترون دوستی آروماتیک	۱۱۴
مکانیسم جانشینی الکتروفیلی آروماتیک	۱۱۴
شاهد مکانیسم	۱۱۶
استخلاف الکترون دوستی آروماتیکی	۱۱۶
محدودیت های واکنش های فریدل - کرافتس	۱۲۲
واکنش های افزایشی مشتقات بنزن	۱۲۴
اثر گروه های استخلافی	۱۲۵
واکنش پذیری	۱۲۵
تأثیر استخلاف ها بر واکنش پذیری حلقه بنزن در جانشینی الکتروفیلی	۱۲۷
جهت گیری	۱۲۹
نسبت ارتو / پارا	۱۳۲
جهت گیری در بنزن های چند استخلافی	۱۳۳
آرن ها	۱۳۴
نام گذاری آرن ها	۱۳۴
خواص فیزیکی آرن ها	۱۳۶
روش تهیه آلکیل بنزن ها	۱۳۶
واکنش های آلکیل بنزن ها	۱۳۷
تری فنیل متیل - یک رادیکال آزاد پایدار	۱۳۹
واکنش های آلکیل بنزن ها	۱۴۳
اکسایش زنجیر جانبی	۱۴۳
برخی واکنش های دیگر	۱۴۴
تمرین های انتهای بخش	۱۵۰

فصل ۳ ۱۶۳

ساختار گروه کربونیل	۱۶۳
نامگذاری آلدهیدها و کتون ها	۱۶۴
ترتیب تقدم گروه ها در نام گذاری	۱۶۴
خواص فیزیکی	۱۶۶
تهیه آلدهیدها	۱۶۷
تهیه کتون ها	۱۷۰
دو روش دیگر برای تهیه کتون ها	۱۷۲
فعالیت عامل کربونیل	۱۷۳

فهرست مطالب

۲۵۰	 سنتز آمیدها	۱۷۴	 واکنش‌ها
۲۵۲	 واکنش‌های آمیدها	۱۸۴	 ایلیدهای سولفور
۲۵۴	 آمین‌ها	۱۸۵	 اکسایش آلدهیدها و کتون‌ها
۲۵۴	 نامگذاری آمین‌ها	۱۸۵	 معرف تولنس
۲۵۵	 خواص فیزیکی آمین‌ها	۱۸۵	 اکسایش بایر ویلیگر
۲۵۶	 ساختار آمین‌ها	۱۸۶	 کاهش آلدهیدها و کتون‌ها
۲۵۷	 خصلت اسیدی و بازی آمین‌ها	۱۸۸	 واکنش‌های کربن α از آلدهیدها و کتون‌ها
۲۶۰	 نمک‌های آمونیوم	۱۹۰	 توتومری کتو-انول
۲۶۲	 سنتز آمین‌ها	۱۹۱	 واکنش‌های انول‌ها و انولات‌ها
۲۶۹	 واکنش‌های آمین‌ها	۱۹۲	 واکنش‌های آلدهیدها و کتون‌ها در محل کربن α
۲۷۷	 آمین‌های آروماتیک	۱۹۹	 واکنش‌های وابسته به تراکم آلدولی و کلایزن
۲۷۷	 سولفودار شدن	۲۰۲	 واکنش‌های افزایشی و تراکمی درون مولکولی
۲۸۰	 نمک‌های دی‌آزونیوم	۲۰۳	 افزایش نوکلئوفیلی به آلدهیدها و کتون‌های مزدوج غیراشباع
۲۸۴	 تمرین‌های انتهای فصل	۲۰۵	 حلقه‌زایی رابینسون
		۲۰۶	 تمرین‌های انتهای فصل

فصل ۴ ۲۲۱

۲۲۱	 نامگذاری
۲۲۳	 خواص فیزیکی کربوکسیلیک اسیدها
۲۲۴	 اسیدیته کربوکسیلیک اسیدها
۲۲۵	 ترتیب قدرت اسیدی
۲۲۶	 روش تهیه کربوکسیلیک اسیدها
۲۲۹	 واکنش‌های کربوکسیلیک اسیدها
۲۳۶	 مشتقات کربوکسیلیک اسیدها
۲۳۷	 خواص فیزیکی مشتقات کربوکسیلیک اسیدها
۲۳۷	 فعالیت نسبی مشتقات کربوکسیلیک اسیدها
۲۳۸	 آسیل کلریدها
۲۳۸	 واکنش‌های آسیل کلریدها
۲۴۰	 اسید انیدریدها
۲۴۰	 سنتز انیدریدها
۲۴۱	 واکنش‌های انیدریدها
۲۴۲	 استرها
۲۴۳	 سنتز استرها
۲۴۶	 واکنش‌های استرها
۲۵۰	 آمیدها
۲۵۰	 نامگذاری

زمانی نه چندان دور، فقط یک و نیم قرن پیش بود که ککوله به دنبال رؤیای یافتن ساختار سادهٔ بنزن به اوروبروس^۱ رسید. موجودی افسانه‌ای که ریشه در هزاره‌های قبل‌تر دارد و سراسر عمرش را در چرخه‌ای بیهوده گرفتار شده است^۲. سال‌های کمی از طول عمر بشر گذشت تا به وقتی رسیدیم که ترکیبات آلی دوباره برخواستند و حکومت خود را بر سراسر جهان آغاز کردند. از ساده‌ترین مواد در کاربردهایی مثل بسته‌بندی مواد غذایی تا پیچیده‌ترینشان در پلیمرهای هوشمند، همگی انگار خاطره‌ای از جادوی گذشتگان در خود دارند و آن‌ها را طوری اصیل کرده که مادهٔ دیگری را به این جایگاه راه نمی‌دهند. حتی وقتی تختهٔ کلاس‌های آلی پر از خطوط ساده و چندضلعی می‌شود، مبارزه‌ای میان مغز و چشم در جریان است. مغز آنچه را می‌بیند باور یا درک نمی‌کند اما چشم، همه را ساده می‌انگارد!

القصة، چه جزو دانش‌پژوهانی باشید که به نظر شما شیمی آلی پر از جذابیت است و چه دانشجویی فراری از شیمی آلی، در هر دو صورت مطمئن باشید که این دانش جذاب، برای شما بسیار سودمند است و در آینده‌ای نه چندان دور از زحمات الآن خود، برداشت‌های بزرگ می‌کنید. راستی گفته می‌شود که دانش آلی هر شش ماه، دو برابر می‌شود. اما نترسید! با یادگیری دانش پایه و درست، وقتی به لبه‌های علم رسیدید، به سرعت می‌توانید آن را دنبال کنید و شما هم چیزی بر آن اضافه کنید.

در کتاب‌های آلی نشر گچ، مجموعه‌ای از ابتکار، تلاش و تجربه در کنار هم جمع شدند تا شما بتوانید از قدم‌های آغازین تا درک عمیق مطالب و حل چالش‌های پیچیده را در مسیری دل‌چسب به پیش بروید. خوشحال می‌شویم نظرات شما را هم بر تجربهٔ دیگران اضافه کرده و ویرایش‌های بعدی کتاب را بهتر از هر چه می‌توانیم ارائه کنیم.



مس کاران، کوچک زاده

کریمی، حسینی

کریمی، حسینی

عباسی

خداخواه، یوسفی، کریمی

خلینا، مروج، عفتی، افتخار جهرمی

قربانی، کریمی، ملکی

کریمی، قربانی

کریمی، قربانی

حاج اسمعیلی، یوسفی

دهقان، کریمی، قربانی

دهقان، کریمی، قربانی

کریمی، قربانی، ملکی

اطمینان، قربانی، ملکی، کریمی

کریمی، قربانی

کریمی، قربانی

دهقان، کریمی، قربانی

✧ استوکیومتری و محلول‌ها (نردبان المپیاد شیمی)

✧ ساختار اتم و خواص تناوبی (نردبان المپیاد شیمی)

✧ پیوندهای یونی و کووالانسی (نردبان المپیاد شیمی)

✧ شیمی آلی (نردبان المپیاد شیمی)

✧ سینتیک و ترمودینامیک (نردبان المپیاد شیمی)

✧ ساعت‌ها با المپیاد شیمی (جلد اول)

✧ ساعت‌ها با المپیاد شیمی (جلد دوم)

✧ المپیادهای شیمی ایران: مرحله اول (انتشارات گچ)

✧ المپیادهای شیمی ایران: مرحله دوم (انتشارات گچ)

✧ گنجینه سؤالات شیمی عمومی

✧ المپیادهای شیمی آمریکا (آزمون‌های منطقه‌ای)

✧ المپیادهای شیمی آمریکا (آزمون‌های ملی)

✧ المپیادهای شیمی بلاروس

✧ المپیادهای شیمی هند

✧ المپیادهای شیمی بریتانیا

✧ المپیادهای شیمی کمبریج

✧ المپیادهای شیمی استرالیا

دیباچه‌ای بر شیمی آلی

شیمی آلی، به عنوان یکی از شاخه‌های بنیادی علم شیمی، به مطالعه ساختار، خواص، ترکیبات، واکنش‌ها و سنتز ترکیبات کربن‌دار می‌پردازد. این حوزه مطالعاتی، نقشی بی‌بدیل در درک ما از جهان مولکولی ایفا می‌نماید و بستری برای فهم عمیق‌تر پدیده‌های زیستی و شیمیایی فراهم می‌آورد. اهمیت این علم تا بدانجاست که می‌توان آن را شالوده‌ای برای پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه‌های مختلفی نظیر داروسازی، علوم مواد، زیست‌فناوری و کشاورزی دانست. به تعبیر رابرت وودوارد، شیمیدان برجسته آمریکایی و برنده جایزه نوبل، «شیمی بدون شک مهم‌ترین علم است.» و بی‌شک شیمی آلی، به عنوان یکی از ارکان اصلی آن، سهم بسزایی در این اهمیت دارد.

این کتاب با هدف ارائه دیدگاهی جامع و نظام‌مند از شیمی آلی نگاشته شده است. در این جلد، تلاش شده تا با زبانی دقیق و علمی، مبانی نظری این علم به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گیرد. ساختار کتاب به گونه‌ای طراحی شده که خواننده را از مباحث پایه‌ای و مفاهیم اساسی، به سوی موضوعات پیچیده‌تر و تخصصی‌تر رهنمون سازد.

در فصل‌های ابتدایی، به بررسی ساختار و پیوندهای شیمیایی در ترکیبات آلی پرداخته می‌شود و مفاهیمی نظیر هیبریداسیون، ایزومری و کنفورماسیون به تفصیل شرح داده خواهند شد. سپس، گروه‌های عاملی مختلف معرفی شده و خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها مورد واکاوی قرار می‌گیرد. در ادامه، واکنش‌های آلی بر اساس نوع واکنش و مکانیزم‌های واکنشی دسته‌بندی شده و اصول حاکم بر آن‌ها تشریح می‌گردد.

در بخش‌های بعدی، به مباحث تخصصی‌تری نظیر طیف‌سنجی، شیمی فضایی، و سنتز ترکیبات آلی پرداخته می‌شود. در این فصول، تلاش شده است تا با ارائه مثال‌های متعدد و تحلیل مکانیسم‌های واکنشی، درک عمیق‌تری از موضوعات مورد بحث حاصل گردد. علاوه بر مباحث نظری، کاربردهای عملی شیمی آلی در صنایع مختلف نیز به طور اجمالی مورد توجه قرار گرفته است.

همانطور که لینوس پاولینگ، برنده دو جایزه نوبل، به درستی اشاره کرده است: «رضایت از زندگی به این معنی نیست که همه چیز کامل است، بلکه به این معنی است که شما تصمیم گرفته‌اید فراتر از کاستی‌ها را ببینید.» در نگارش این کتاب نیز، با وجود گستردگی و پیچیدگی ذاتی علم شیمی آلی، سعی بر آن بوده است تا با تمرکز بر اصول بنیادی و ارائه توضیحات روشن، مسیری هموار برای درک عمیق‌تر این علم فراهم گردد.

انتظار می‌رود که این کتاب، به عنوان منبعی جامع و معتبر، مورد استفاده دانشجویان، پژوهشگران و علاقه‌مندان به علم شیمی آلی قرار گیرد و ایشان را در مسیر یادگیری و کاوش در این حوزه شگفت‌انگیز یاری رساند.

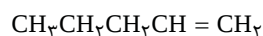
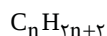
فصل ۱

آلکن‌ها و آلکین‌ها

آلکن‌ها^۱

آلکن‌ها هیدروکربن‌های حاوی پیوند دوگانه کربن-کربن می‌باشند. فرمول مولکولی عمومی آلکن‌های خطی (غیر حلقوی) C_nH_{2n} و آلکن‌های حلقوی C_nH_{2n-2} می‌باشد.

در مورد آلکان‌ها، فرمول مولکولی عمومی آلکان‌های خطی C_nH_{2n+2} و آلکان‌های حلقوی C_nH_{2n} می‌باشد. بنابراین به ازای حذف هر دو هیدروژن در فرمول مولکول هر هیدروکربن، یک پیوند دوگانه و یا یک حلقه خواهیم داشت.

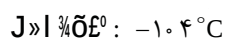
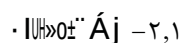
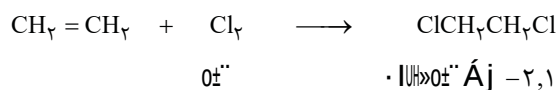


آلکان‌ها حداکثر تعداد پیوند کربن-هیدروژن ممکن را دارند. یعنی در واقع با هیدروژن اشباع شده‌اند و بنابراین به آن‌ها هیدروکربن‌های اشباع^۲ می‌گویند.

آلکن‌ها تعداد هیدروژن کمتری از تعداد حداکثر پیوند کربن-هیدروژن را دارا می‌باشند. به همین دلیل به آن‌ها معیار کربن‌های غیر اشباع^۳ می‌گویند.

نامگذاری آلکن‌ها

در قدیم آلکن‌ها را تحت نام اولفین‌ها^۴ می‌شناختند. در سال ۱۹۷۵ وقتی که اتیلن برای اولین بار به صورت خالص جداسازی شد، gaz olefiant نامگذاری شد. این یک عبارت فرانسوی بود به معنی گاز روغن‌ساز. زمانی که دو گاز اتیلن و کلر واکنش می‌دادند یک مایع روغنی شکل حاصل می‌شد. به همین دلیل به اتیلن، گاز روغن‌ساز می‌گفتند اولفین هم از همین عبارت نشأت گرفته و برای آلکن‌ها به کار می‌رفت.



۱- Alkenes

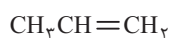
۲- Saturated Hydrocarbons

۳- Unsaturated Hydrocarbons

۴- Olefin

نامگذاری سیستماتیک IUPAC آلکن‌ها از جایگزینی انتهای "ane" در آلکن‌ها با "ene" حاصل می‌شود:

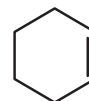
ethane $H_2C - CH_3$ اتان ethene $H_2C = CH_2$ اتن



پروپن



سیکلوپنتن



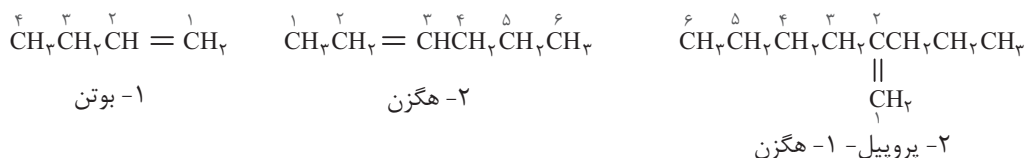
سیکلوهگزن

یک نام مرسوم برای اتن، اتیلن و برای پروپن، پروپیلن می‌باشد.

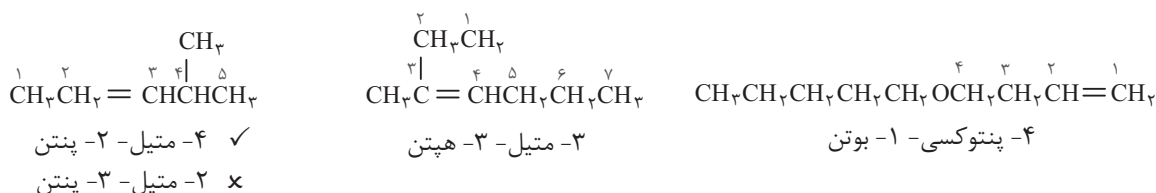
نامگذاری IUPAC فقط اتیلن را مورد پذیرش قرار داده و پروپیلن و بوتیلن و ... را نمی‌پذیرد.

قوانین نامگذاری IUPAC:

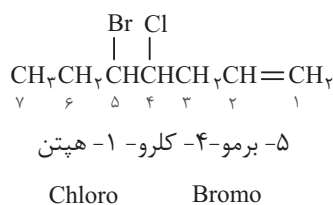
① طویل‌ترین زنجیر حاوی گروه عاملی (در این‌جا پیوند دوگانه) انتخاب شده و شماره‌گذاری از جهتی انجام می‌شود که کوچک‌ترین عدد به کربن دارای پیوند دوگانه تعلق گیرد.



② اگر زنجیره دارای استخلاف باشد، همچنان نامگذاری از جهتی خواهد بود که کمترین شماره به کربن حاوی باند دوگانه اختصاص یابد.

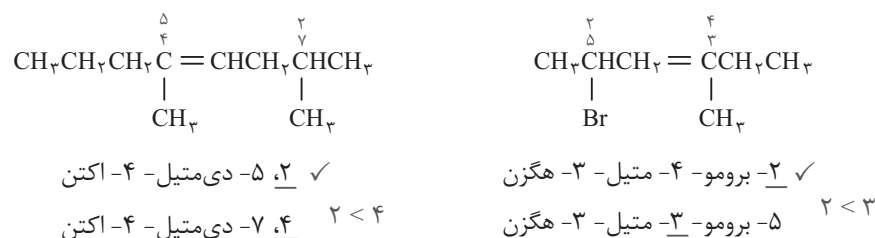


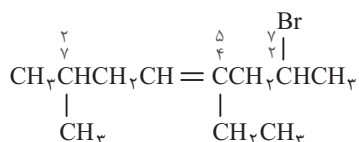
③ اگر زنجیره دارای چند استخلاف متفاوت باشد، تقدم استخلاف در نامگذاری بر اساس الفبا خواهد بود و نه شماره آن‌ها.



پیشوندهای دی، تری، تتر و ... حساب نمی‌شوند ولی ایزو، نتو و سیکلو در الفبای نامگذاری حساب می‌شوند.

④ در صورتی که از دو طرف زنجیر، محل پیوند دوگانه یکسان باشد، شماره‌گذاری از جهتی صورت می‌گیرد که کمترین شماره با استخلاف اختصاص داده شود.

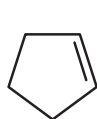




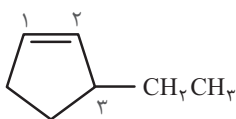
۵ اگر هر دو جهت کمترین شماره را به باند دوگانه و کمترین شماره را به استخلافات نسبت دهد، از آن دو استخلاف صرف نظر می‌کنیم و به سراغ شماره استخلاف سوم می‌رویم که باید کمترین شماره را داشته باشد.

✓ ۲- برومو-۴- اتیل-۷- متیل-۴- اکتن
 $4 < 5$
 ۷- برومو-۵- اتیل-۲- متیل-۴- اکتن

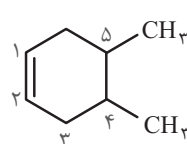
۶ در مورد آلکن‌های حلقوی، همیشه کربن حاوی باند دوگانه شماره ۱ را اتخاذ می‌کند. بنابراین در نامگذاری این ترکیبات نیازی نیست محل پیوند دوگانه مورد توجه قرار گیرد.



سیکلوپنتن

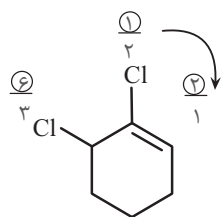


۳- اتیل سیکلوپنتن

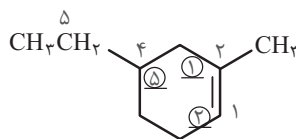


۴، ۵- دی‌متیل سیکلوهگزن

۷ در سیکلو آلکن‌ها نیز جهت حرکت به سمتی است که کمترین شماره به استخلافات نسبت داده شود.



✓ ۱، ۶- دی کلرو سیکلوهگزن
 $1 < 2$
 ۲، ۳- دی کلرو سیکلوهگزن



✓ ۱- اتیل-۵- متیل سیکلوهگزن
 $1 < 2$
 ۴- اتیل-۲- متیل سیکلوهگزن

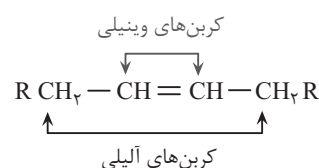
۸ کربن‌های sp^2 از یک آلکن، کربن‌های وینیلی و کربن‌های sp^3 متصل به کربن‌های وینیلی، کربن‌های آلیلی نامگذاری می‌شوند.

گروه وینیل $H_2C=CH-$

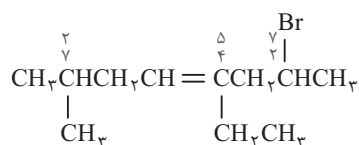
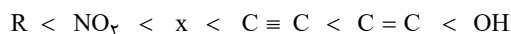
$H_2C=CHCl$
 وینیل کلرید

گروه آلیل $H_2C=CHCH_2-$

$H_2C=CHCH_2Br$
 آلیل برمید



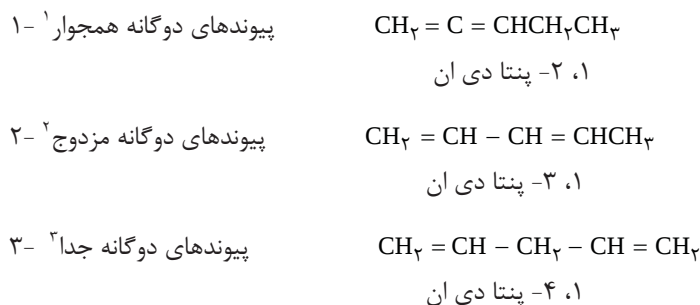
۹ ترتیب تقدم گروه‌های عاملی در شماره‌گذاری:



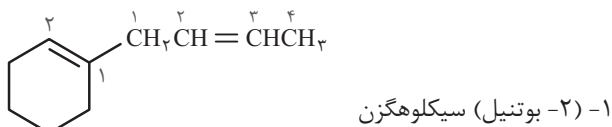
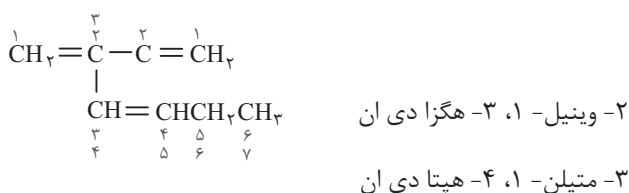
✓ ۲- برومو-۴- اتیل-۷- متیل-۴- اکتن
 $4 < 5$
 ۷- برومو-۵- اتیل-۲- متیل-۴- اکتن

۱۰) هیدروکربن‌های حاوی بیش از یک پیوند دوگانه کربن-کربن، تحت نام دی‌ان‌ها، تری‌ان‌ها، تترا‌ان‌ها و ... نامگذاری می‌شوند.

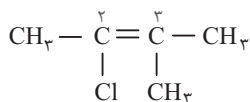
ارتباط بین دو پیوند دوگانه در مولکول به سه طریق می‌تواند باشد:



۱۱) در نامگذاری پلی‌ان‌ها زنجیری را انتخاب می‌کنیم که بیشترین پیوند دوگانه را در برگرد و از طرفی طویل‌ترین زنجیر باشد.



تمرین ۱-۱: نامگذاری کنید.



۲- کلرو- ۳- متیل- ۲- بوتن

هالوژن‌ها بر آلکیل‌ها مقدم هستند

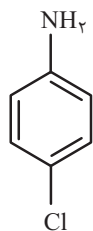
درجه سیرنشدگی (اشباع‌نشدگی)

درجه سیرنشدگی نشان‌دهنده تعداد هیدروژن‌های حذف شده از حالت حداکثر و در نتیجه معرف تعداد پیوندهای π یا تعداد حلقه در سیستم است این عبارت در تعیین ساختار ترکیبات بسیار اهمیت دارد.

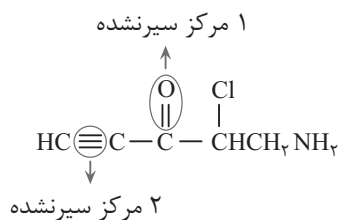
$$\frac{2C + 2 - (X + H) + N}{2} = U$$

x: هالوژن

سه پیوند دوگانه و یک حلقه نشان می‌دهند که درجه اشباع‌نشدگی این ترکیب، ۴ است:



$$\frac{(2 \times 6) + 2 - (1 + 6) + 1}{2} = 4$$



$$\frac{(2 \times 5) + 2 - (1 + 6) + 1}{2} = 3$$

- ۱- Cumulated diene
 ۲- Conjugated diene
 ۳- Isolated diene