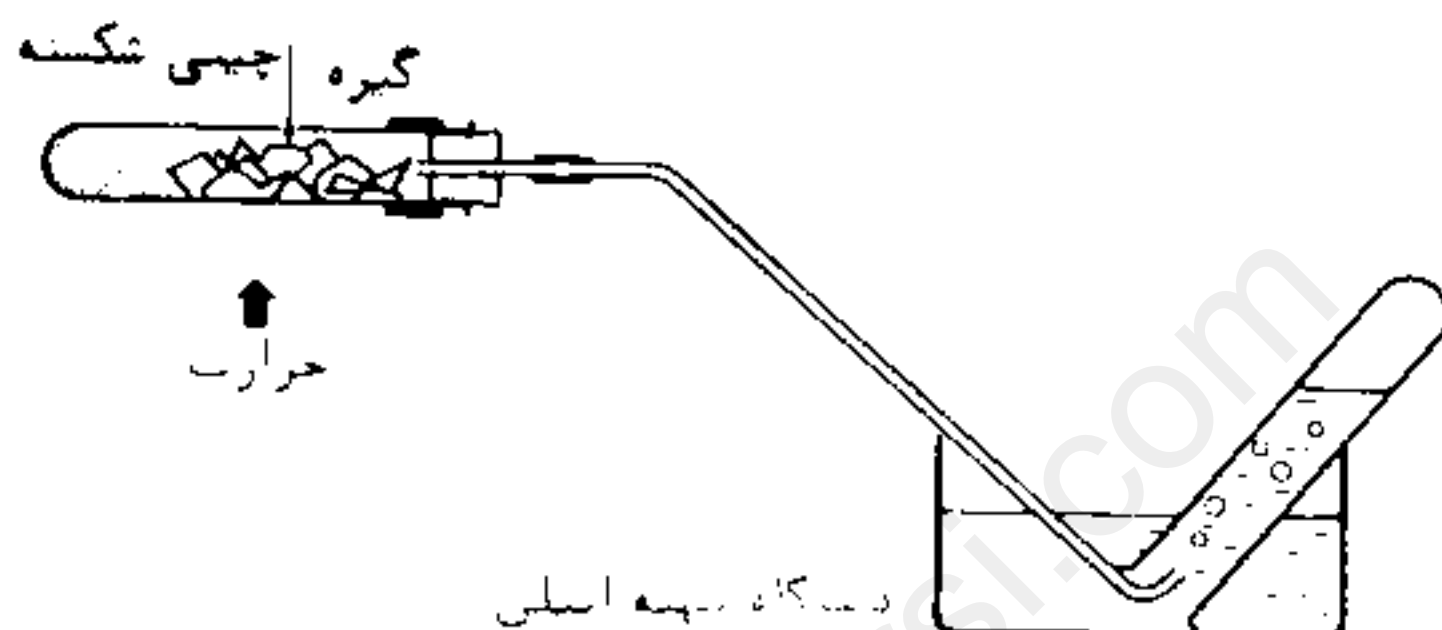


گازی است بی‌رنگه با بویی ملایم و مطبوع که در صنعت نفت به عنوان یک محصول فرعی تولید می‌شود. مقدار زیادی از آن در منابع مختلف مانند الکل‌سازی و تهیه برخی انواع پلاستیک از جمله پوایتن به کار می‌رود. راه ساده تهیه اتیلن در آزمایشگاه، آب گرفتن از الکل اتیلیک می‌باشد.

آزمایش ۱ - تهیه اتیلن از الکل اتیلیک - ابزار مورد نیاز: دستگاهی مطابق شکل، خرده‌های



سنگ یا تکه‌های کوچک چینی شکسته و یا اکسید آلومینوم Al_2O_3 ، الکل اتیلیک، محلول رقیق آب برم، پنبه، محلول رقیق پرمنگنات و اسید سولفوریک، درپوش لاستیکی، چندلوله آزمایش. دستگاهی مطابق شکل سوار کنید. یک تکه کوچک پنبه را که زیاد به هم فشرده نباشد در لوله آزمایش که ابعاد تقریبی آن 16×150 میلی‌متر است قرار دهید به طوری که در حدود ۲ سانتیمتر از ارتفاع لوله را اشغال کند. سپس در حدود ۲ سانتیمتر مکعب الکل اتیلیک را به کمک پیپت یا قطره‌چکان بر روی پنبه بچکانید. لوله را به کمک گیره به طور افقی نگه دارید. مطابق شکل مقداری سنگ پا یا چینی شکسته در قسمت میانی لوله قرار دهید. بقیه دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. قسمتی از لوله را که سنگ پا یا چینی شکسته در آن قرار دارد ابتدا به ملایمت و سپس به شدت حرارت دهید. گاهی نیز با شعله‌های انتهایی لوله را که دارای پنبه آغشته به الکل است کمی گرم کنید. بعد از آن که هوای دستگاه خارج شد، گاز حاصل را در سه لوله آزمایش جمع کنید و در لوله‌ها را با درپوش لاستیکی ببندید و برای آزمایش‌های بعدی نگه دارید.

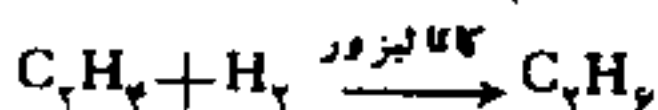
آزمایش ۲ - در حدود ۲CC آب برم را در یکی از لوله‌های محتوی گاز اتیلن بریزید و دهانه آن را فوراً ببندید و تکان دهید. چه اتفاقی می‌افتد؟ به نظر شما آیا واکنشی بین برم و اتیلن صورت گرفته است؟

آزمایش ۳ - در حدود ۱۵ قطره محلول پرمنگنات پتاسیم بسیار رقیق (در حدود ۵/۵۱ مولار) که به آن چند قطره اسید سولفوریک رقیق اضافه شده است، به لوله آزمایش دوم بیفزایید. دهانه لوله آزمایش را ببندید و تکان دهید. چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا به نظر شما واکنشی صورت گرفته است؟

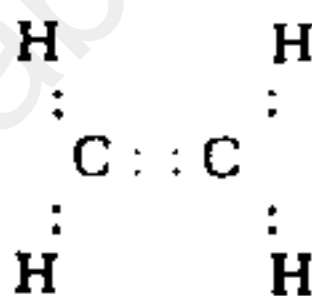
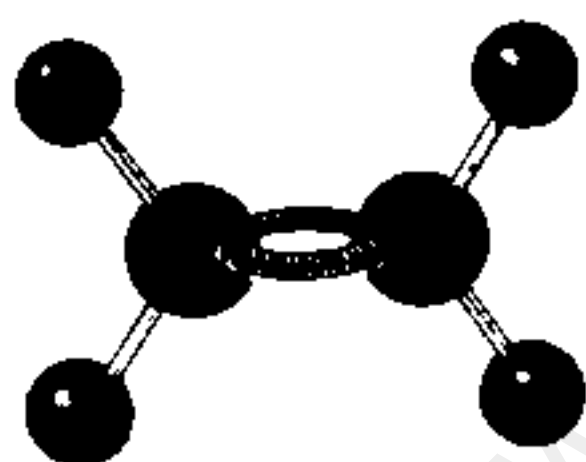
آزمایش ۴ - سومین لوله آزمایش را که از گاز اتیلن پر کرده‌اید و از مخلوط نبودن هوا با آن اطمینان دارید با دستمال گرفته و پس از برداشتن درپوش لاستیکی، کبریت روشنی را به دهانه آن نزدیک کنید، چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا این گاز می‌سوزد؟
پرسش - چرا در این آزمایش باید از نزدیک کردن کبریت روشن به مخلوط اتیلن با هوا احتراز کرد؟

آزمایش و تحقیق نشان می‌دهد که اتیلن منحصراً از کربن و هیدروژن تشکیل شده است و فرمول مولکولی آن C_2H_4 می‌باشد. بنابراین اتیلن نیز جزء هیدروکربنها به شمار می‌رود.

پیشنهاد فرمول ساختمانی برای اتیلن - اتیلن می‌تواند آب برم را بی‌رنگت کند. هر گاه این آزمایش به صورت کمی صورت گیرد، مشاهده می‌شود که در مقابل هر مول اتیلن، یک مول برم مصرف می‌شود و فقط یک ماده مرکب به فرمول $C_2H_4Br_2$ پدید می‌آید. از طرفی هر مولکول اتیلن می‌تواند به کمک کاتالیزورهایی مانند نیکل، پلاتین و پالادیم، یک مولکول هیدروژن (دو اتم هیدروژن) جذب کند و به اتان تبدیل شود.



با رعایت چهار ظرفیتی بودن کربن و یک ظرفیتی بودن هیدروژن می‌توان فرمول گسترده زیر را برای اتیلن پیشنهاد کرد:



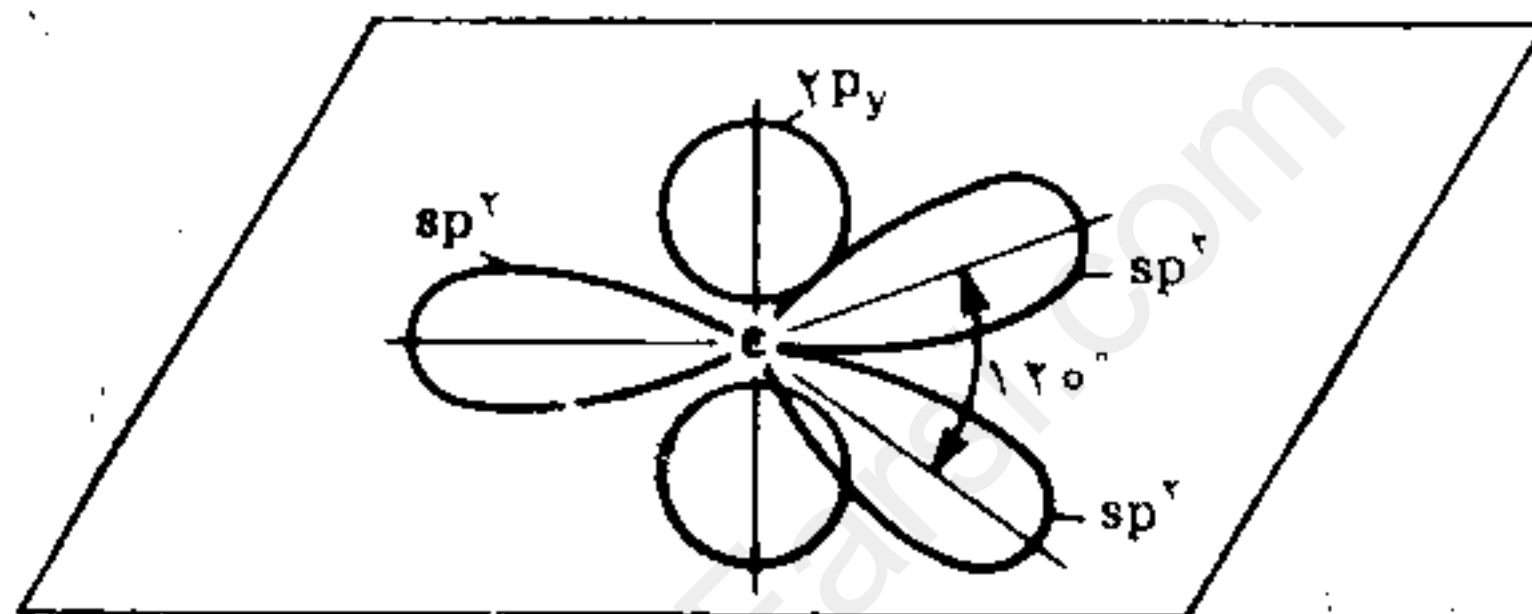
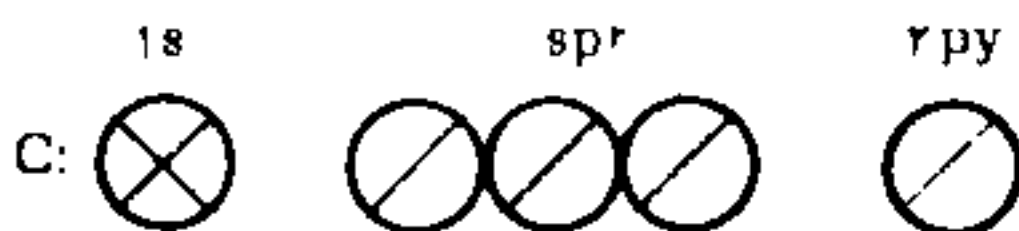
به طوری که ملاحظه می‌شود در این ترکیب بین دو اتم کربن برخلاف پیوندهای ساده معمولی دو جفت الکترون اشتراکی موجود است. به عبارت دیگر، این دو اتم کربن با یک پیوند دوگانه به یکدیگر متصل شده‌اند. با توجه به فرمول ساختمانی اتیلن و خواص آن، این ماده یک هیدروکربن سیر نشده به شمار می‌رود که می‌تواند با هیدروژن به هیدروکربن سیر شده تبدیل شود.

بررسی پیوند دوگانه و ساختمان مولکول اتیلن

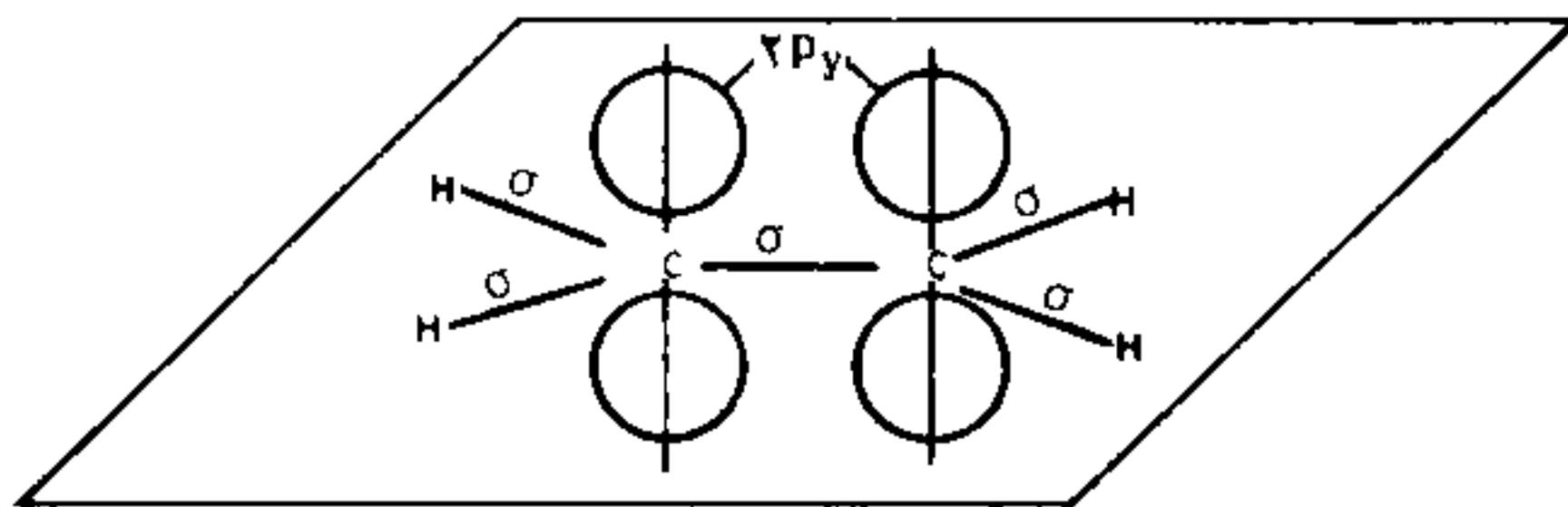
در مورد اتم بور (B) دیدیم که پس از برانگیخته شدن، یک اربیتال ۲s می‌تواند با دو اربیتال ۲p هیبرید شود و سه اربیتال یکسان sp^2 به وجود آورد (هیبریداسیون sp^2). همچنین با هیبریداسیون sp^2 اتم کربن در متان آشنایی دارید. در اینجا خواهیم دید که اتم کربن مانند بور می‌تواند هیبریداسیون نوع sp^2 نیز داشته باشد. به این ترتیب که یک اربیتال ۲s با دو اربیتال از اربیتالهای ۲p (مثلاً $2p_x$ و $2p_y$) هیبرید می‌شود و سه اربیتال هیبریدی sp^2 به وجود می‌آورد و اربیتال $2p_z$ دست

نخورده باقی می ماند . همان طوری که در اتم بور ملاحظه شد ، در هیبریداسیون sp^2 همیشه محوره های سه اربیتال sp^2 بر روی يك سطح قرار گرفته و با يكديگر زاویه 120° تشکیل می دهند . محور اربیتال $2p_y$ که در هیبریداسیون شرکت نکرده است ، بر سطحی که محوره های سه اربیتال هیبریدی sp^2 را در بر می گیرد عمود است .

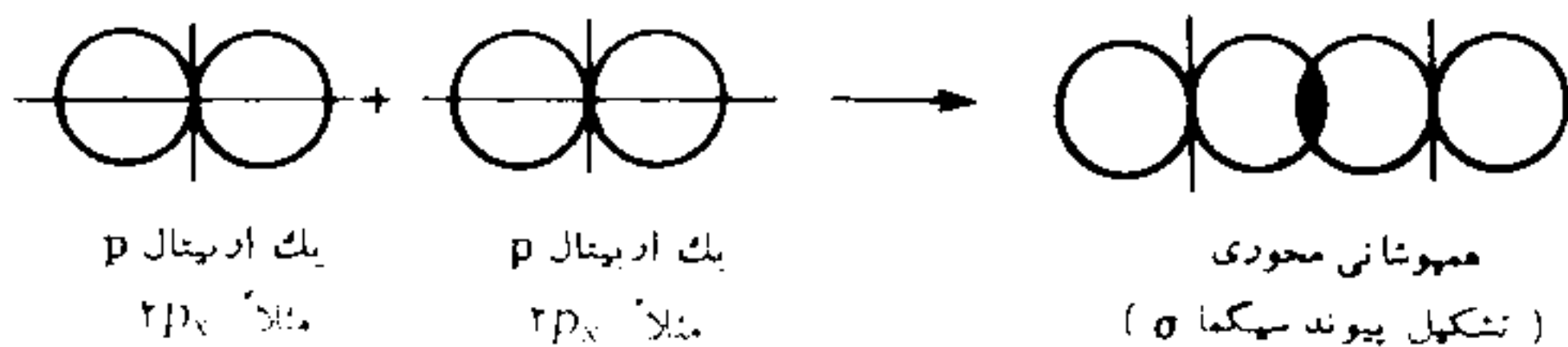
آرایش الکترونی اتم کربن پس از شرکت در هیبریداسیون sp^2 را می توان به صورت زیر نشان داد:



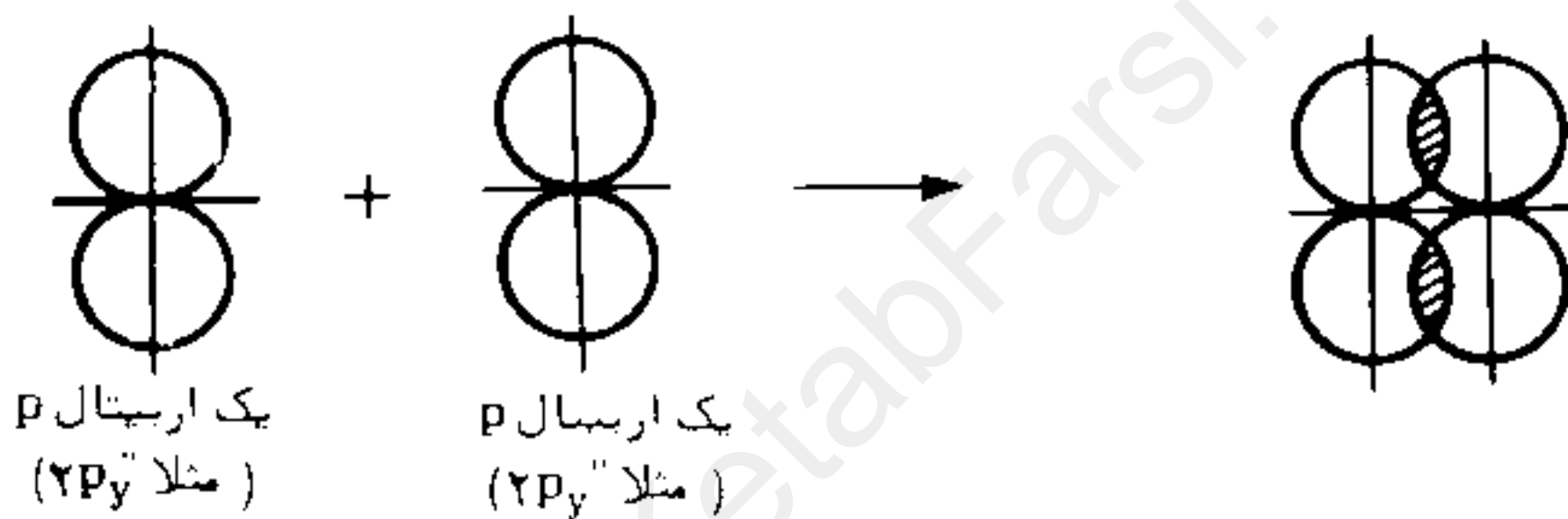
حال اگر دو اتم کربن با این نوع هیبریداسیون را در نظر بگیریم ، از همپوشانی متقابل دو اربیتال sp^2 بین دو اتم کربن يك پیوند تشکیل می شود. می دانید که در صورتی پیوند پایدار تشکیل می شود که دو اربیتال همپوشانی مناسبی داشته باشند و این در صورتی امکان پذیر است که محوره های دو اربیتال sp^2 اتمهای کربن در امتداد یکدیگر باشند . با توجه به شکل زیر مشاهده می شود که چنین پیوند محکمی روی صفحه میان دو اتم کربن ایجاد شده است. در این پیوند تراکم ابر الکترونی در اطراف خطی که هسته های دو اتم کربن را به یکدیگر متصل می سازد (یعنی محور پیوند) حالت تقارن دارد . چنین پیوندی را پیوند سیگما (σ) می نامند . برای هر اتم کربن دو اربیتال sp^2 باقیمانده است. از همپوشانی اربیتالهای $1s$ مربوط به اتمهای تیدروژن با این اربیتالهای هیبریدی ، چهار پیوند $C - H$ تشکیل می گردد که چون تراکم ابر الکترونی در اطراف این پیوندها نیز متقارن است ، آنها را نیز از نوع سیگما می دانیم . حال مطابق شکل دو اربیتال p هیبرید نشده باقیمانده است که باید وضعیت آنها برای ما روشن شود .



به طور کلی دو اربیتال از نوع p به دو شکل مختلف می‌توانند یکدیگر را بپوشانند مطابق شکل زیر :

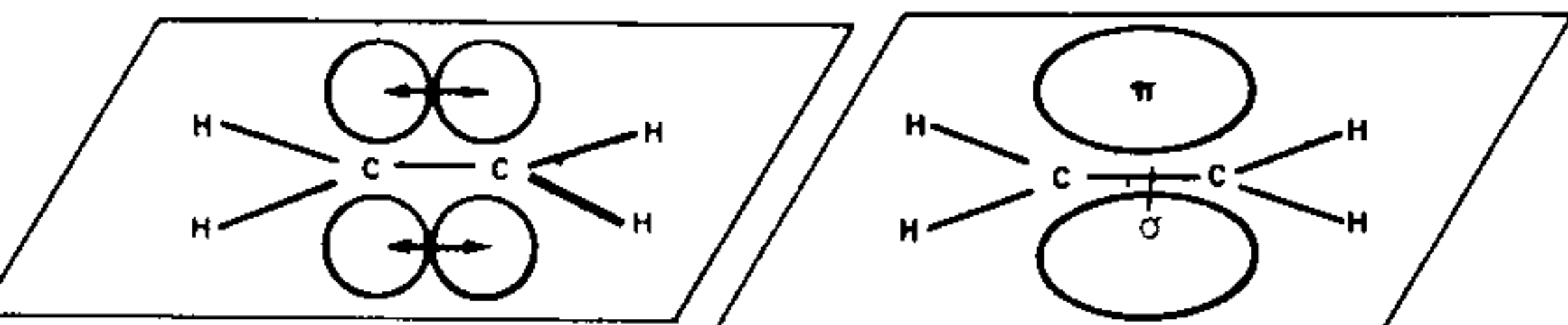


اگر محور این اربیتال‌ها در یک امتداد قرار گیرند (هم‌محور شوند) و به هم نزدیک شده همپوشانی کنند، از پوشش متقابل آنها یک پیوند سیگما (σ) تشکیل می‌شود، زیرا در این حالت نیز تراکم ابر الکترونی در اطراف محور پیوند متقارن است. اگر به علتی محور اربیتال‌های p نتوانند در یک امتداد قرار گیرند (مثلاً به علت آرایش هندسی اتم‌ها در مولکول)، پوشش محوری که منجر به تشکیل پیوند سیگما (σ) می‌گردد، غیرممکن خواهد بود. در این حالت اگر محور اربیتال‌ها مطابق شکل زیر



بتوانند بایکدیگر موازی گردند، از پهلو یکدیگر را می‌پوشانند و در این صورت پیوندی از نوع دیگر تشکیل خواهد شد که برخلاف پیوندهای سیگما (σ) تقارن محوری ندارد بلکه به صورت دوپاره ابر در بالا و پایین سطحی که اربیتال‌های sp^2 را دربر میگیرد، ظاهر می‌شود. چنین پیوندی را پیوند پی (π) می‌نامند.

در مولکول اتیلن دیدیم که برای هر اتم کربن یک اربیتال $2p_y$ باقیمانده است و آرایش هندسی اتم‌ها در مولکول به شکلی است که هم‌محور شدن این اربیتال‌ها بایکدیگر امکان ندارد، ولی امکان موازی گرفتن آنها موجود است. بنابراین می‌توانند از پهلو یکدیگر را بپوشانند و یک پیوند پی (π) تشکیل دهند.



این طرز نمایش نشان می دهد که مولکول اتیلن بایستی مسطح باشد. زیرا قبلاً دیدیم که محور آرینتالهای $2p_y$ بر سطحی که سه آرینتال هیبریدی sp^2 را در بر می گیرد، عمود است. محورهای دوارینتال $2p_y$ در صورتی بایکدیگر موازی قرار می گیرند که تمام آرینتالهای هیبریدی sp^2 دارای یک سطح مشترک باشند، یعنی چهاراتم قیدروژن و دواتم کربن در مولکول اتیلن همگی در یک سطح قرار داشته باشند. نتایج به دست آمده از بررسی های انجام شده نیز همین حقیقت را آشکار ساخته اند.

وقتی دوارینتال از طریق هم محور شدن یکدیگر را بپوشانند (پیوند سیگما σ)، همپوشانی آنها بهتر صورت می گیرد و در نتیجه پیوندی که تشکیل می شود محکم تر است. برعکس وقتی دوارینتال از پهلو یکدیگر را بپوشانند به علت نزدیک شدن بیش از حد هسته های اتمها به یکدیگر که منجر به زیاد شدن نیروی دافعه بین آنها می گردد همپوشانی آرینتالها به خوبی صورت نمی گیرد و در نتیجه پیوند حاصل (پیوند پی π) پیوند محکمی نخواهد بود و نسبت به پیوند σ سست تر است.

باتوجه به بررسی های فوق، پیوند دو گانه کربن - کربن در مولکول اتیلن از یک پیوند نسبتاً محکم (پیوند σ) و یک پیوند نسبتاً ضعیف (پیوند π) تشکیل شده است. در نتیجه انرژی یک پیوند دو گانه کربن - کربن بیشتر از انرژی پیوند ساده کربن - کربن در اتان است. چون اتمهای کربن در اتیلن به علت یاد شده محکم تر به هم متصل شده اند، طول پیوند کربن - کربن در اتیلن کوچکتر از طول پیوند کربن - کربن در اتان است. در جدول زیر انرژی و طول پیوند کربن - کربن در اتان و اتیلن مقایسه شده است.

اتیلن	اتان	
۱۴۶	۸۳	انرژی پیوند C-C (کیلوکالری بر مول)
۱/۳۴	۱/۵۴	طول پیوند C-C (Å)

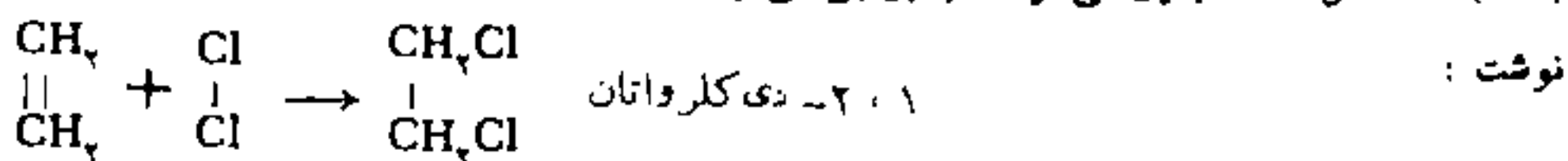
تمرین - با توجه به جدول فوق انرژی یک پیوند پی π را محاسبه کنید.

نوجیه برخی خواص اتیلن بر اساس پیوند دو گانه

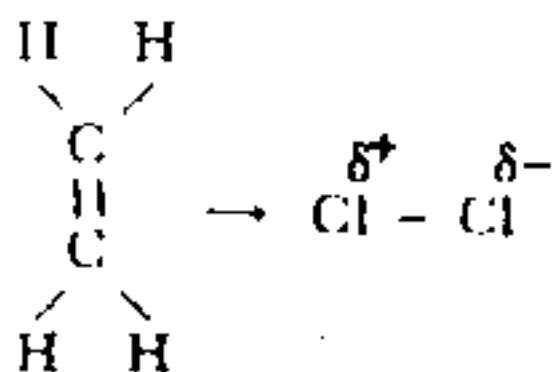
۱- واکنش با کلسیم - اگر مخلوطی از گاز کلر و گاز اتیلن را در یک لوله آزمایش وارد کرده و بر روی تشتکی که از محلول سیر شده نمک طعام پر شده است واژگون کنیم، پس از مدتی سطح آب نمک در لوله بالا می رود. بالا رفتن سطح محلول آب نمک در لوله آزمایش نشانه آنست که واکنش بین گاز کلر و گاز اتیلن با کم شدن حجم همراه است. پس می توان نتیجه گرفت که بین اتیلن و کلر نوعی واکنش افزایشی و صورت گرفته است. منظور از واکنش افزایشی واکنشی است که در آن دو یا چند ماده بایکدیگر ترکیب شده و ماده واحدی را تشکیل می دهند.

اگر آزمایش بالا در شرایط کنترل شده ای به طریق کمی صورت گیرد، ملاحظه می شود که هر مول

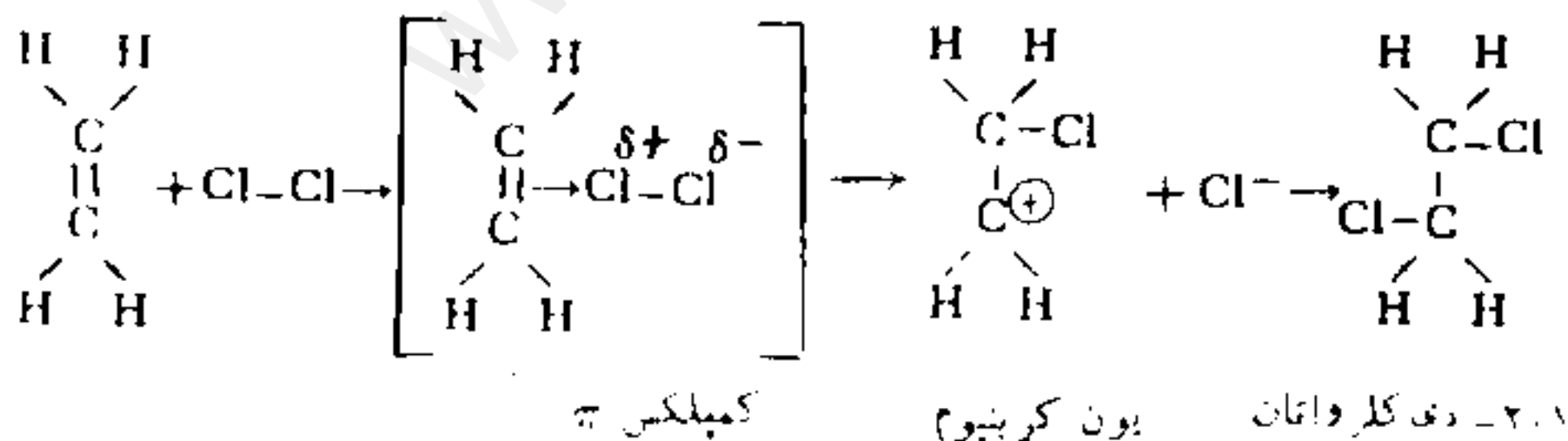
اتیلن بایک مول کلر ترکیب خواهد شد. در این آزمایش مولکول سیر نشده اتیلن به مولکول سیر شده ۲، ۱- دی کلرواتان تبدیل می شود. بنابراین می توان معادله واکنش انجام شده را به صورت زیر



بررسی سیر واکنش - می دانید که کلر یک عنصر الکترون گاتیو قوی است و تمایل زیادی به گرفتن الکترون دارد. از طرفی یاد آور می شویم که پیوند پی π موجود در مولکول اتیلن پیوندی ضعیف و به آسانی قابل گسستن است. بنابراین می توان پذیرفت که وقتی مولکول کلر به مولکول اتیلن نزدیک می شود، ابر الکترونی مربوط به پیوند پی π از مولکول اتیلن به سمت مولکول کلر کشیده می شود. همین جابجایی الکترون ها از مولکول اتیلن به سمت مولکول کلر باعث می شود که پیوند Cl-Cl، که در حالت عادی غیر قطبی است، کمی قطبی شود. در نتیجه اتم کلری که در نزدیکی پیوند پی (π) قرار گرفته است دارای مقداری بار مثبت و اتم کلر دورتر دارای بار منفی می گردد.



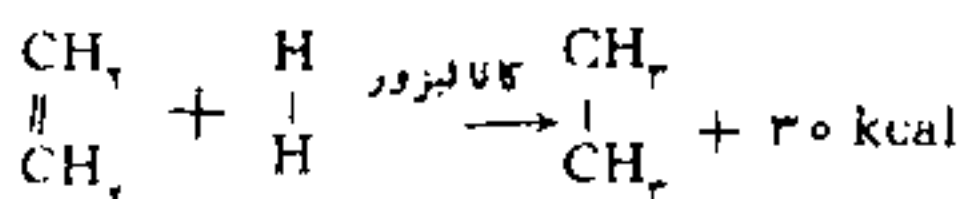
پس از قطبی شدن مولکول کلر، برای مدت کوتاهی ترکیب واسطه ناپایدار تشکیل می شود که چون از افزوده شدن یک مولکول کلر به پیوند پی حاصل شده است، اصطلاحاً کمپلکس پی نامیده می شود. در این مرحله، اتیلن اتم کلر مثبت را به خود جذب می کند و اتم کلر منفی از آن جدا می گردد. در مرحله بعد یون کلرید با یون مثبتی که به این ترتیب تشکیل شده است و یون کربنیوم نامیده می شود به هم می پیوندند و ۲، ۱- دی کلرواتان تولید می شود:



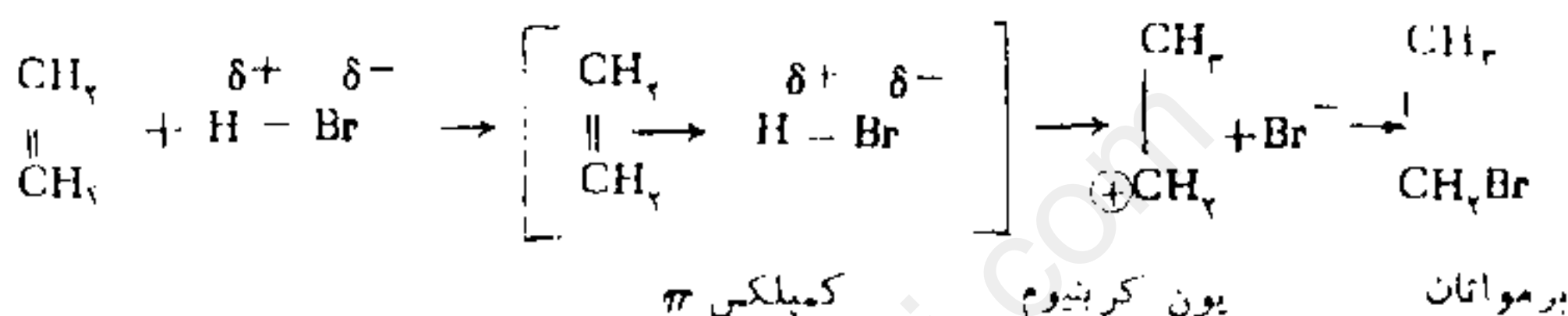
برم نیز مانند کلر با اتیلن عمل می کند و ۲، ۱- دی برومو اتان تولید می نماید.

۱- یک گروه از اتمهایی که در یک فرمول دارای یک اتم کربن شش الکترونی در مدار آخر بوده و دارای بار مثبت باشد یون کربنیوم نامیده می شود.

۲- لیدروژناسیون - چنان که دیدیم هیدروژن نیز مانند کلر به اتیلن افزوده می شود و آنرا به اتان تبدیل می کند. این واکنش را هیدروژناسیون می نامند. واکنش دردمای متوسط و به کمک کاتالیزور نیکل یا پلاتین صورت می گیرد.

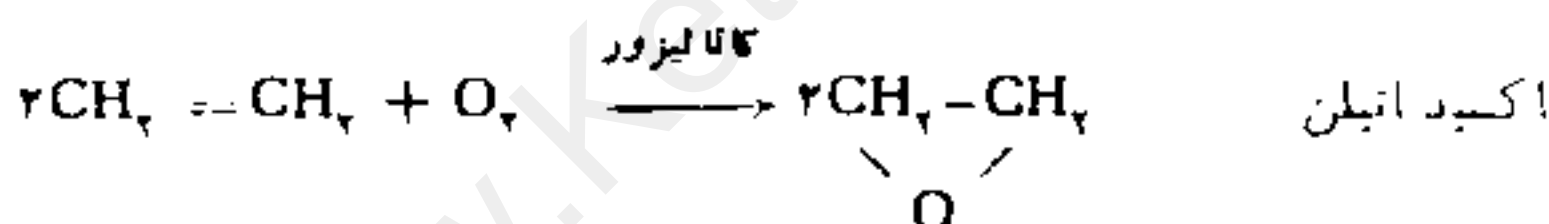


۳- ترکیب با هالیدهای هیدروژن - برومید هیدروژن به اتیلن افزوده می شود و برمواتان (برمید اتیل) تولید می کند. در این مورد نیز واکنش از مراحل مشابه با واکنش کلر می گذرد.

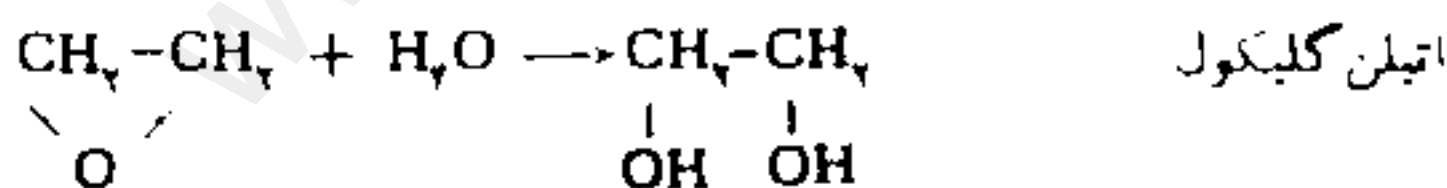


چنانکه ملاحظه می شود اتم هیدروژن به یکی از کربنهای پیوند دوگانه و برم به اتم کربن دیگر متصل می شود.

۴- ترکیب با اکسیژن - از اکسیداسیون اتیلن به وسیله اکسیژن هوا به کمک گرما و کاتالیزور مناسب (نقره)، ترکیبی تولید می شود که آنرا اکسید اتیلن می نامند:



از واکنش اکسید اتیلن با آب ترکیبی به نام اتیلن گلیکول به دست می آید:

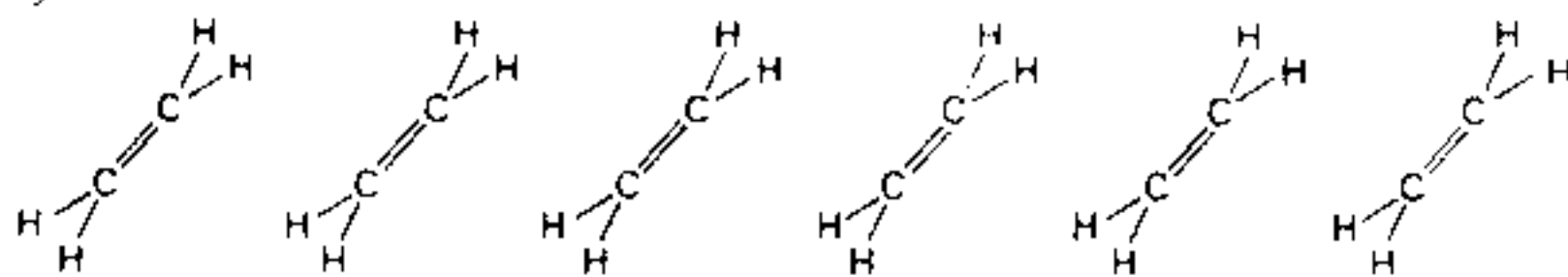


اتیلن گلیکول مایعی دیرجوش است (نقطه جوش در حدود ۱۹۷°C) و دیر نیز منجمد می شود. قابلیت حل شدن آن در آب نیز بسیار زیاد است. از این ماده اغلب به عنوان ضد یخ استفاده می شود.

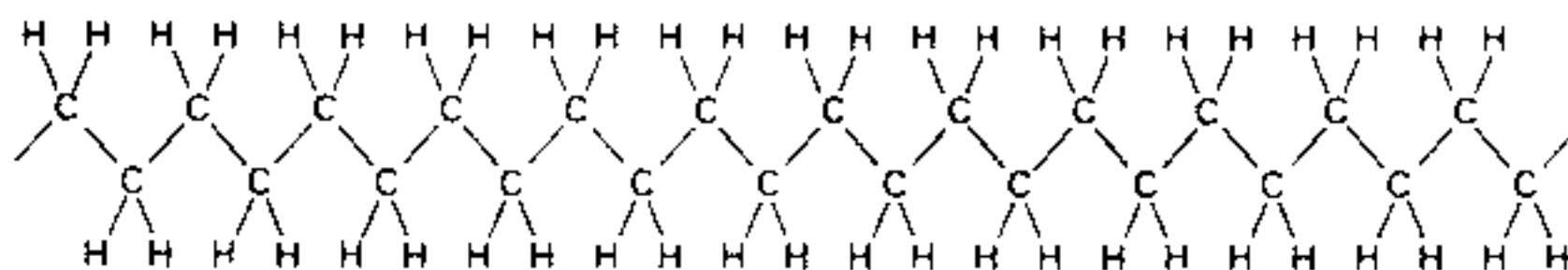
۵- پولیمریزاسیون - هرگاه اتیلن را تحت فشار همراه با اندکی اکسیژن (به عنوان کاتالیزور شروع کننده عمل) گرم کنند ترکیبی به دست می آید که جرم مولکولی آن بسیار زیاد است (مثلاً جرم مولکولی نوعی از آن به حدود ۲۰۰۰۰ می رسد). این ماده از به هم پیوستن تعداد زیادی مولکول



مولکولهای اتیلن



مولکولهای پولی اتیلن



ماده حاصل پولی اتیلن (پولی به معنی چند است) یا پولین (Polythene) و این گونه

واکنشها پولیمریزاسیون نام دارند. پولیتن نوعی ماده پلاستیکی است که در ساختن وسایل آزمایشگاهی و در زندگی کاربرد فراوان دارد.

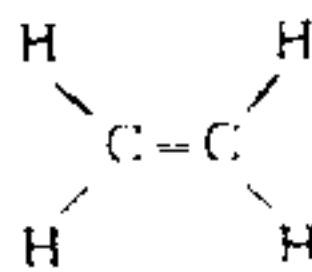
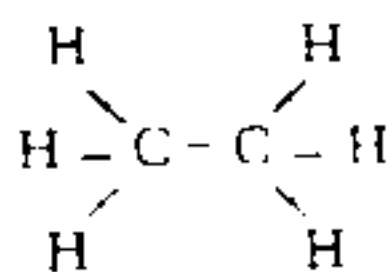
تیدروکربنهای هم خانواده اتیلن (تیدروکربنهای مونواتیلنی)

چنان که دیدیم اتیلن ساده ترین عضو خانواده تیدروکربنهایی است که آنها را زیر نام اولفین (Olefin) طبقه بندی می کنند. در مولکول تیدروکربنهای این خانواده، بین دو اتم کربن یک اتصال دوگانه وجود دارد و چنان که گفتیم از یک پیوند σ و یک پیوند π تشکیل شده است. پیوند π در واکنشهای افزایشی به آسانی گسسته شده و تیدروکربن سیر شده یا مشتق آن به دست می آید. به همین علت است که این تیدروکربنها را معمولاً سیر نشده می نامند.

وجود این پیوند دوگانه باعث شده است که هر یک از این تیدروکربنها، از تیدروکربن سیر شده همردیف خود ۲ اتم تیدروژن کمتر داشته باشد و چون فرمول عمومی تیدروکربنهای سیر شده را به صورت C_nH_{2n+2} نشان دادیم، از این رو فرمول عمومی تیدروکربنهای خانواده اتیلن (مونواتیلنی) C_nH_{2n} خواهد شد.

بانونجه به فرمول عمومی بالا، اعضای بعدی این خانواده دارای فرمولهای C_4H_8 و C_6H_{12} خواهند شد. مقایسه فرمول این مواد با فرمول اتیلن (C_2H_4) نشان می دهد که اولی یک $(-CH_2-)$ و دومی دو $(-CH_2-)$ از اتیلن بیشتر دارند. بنابراین، چون تفاوت این تیدروکربنها در یک یا چند CH_2 می باشد، آنها را می توان هومولوگ یکدیگر دانست.

یکی از خصوصیات تیدروکربنهای سیر شده این است که در آنها هر اتم کربن با چهار اتم دیگر پیوند دارد ولی در تیدروکربنهای سیر نشده ردیف اتیلن دو اتم کربن وجود دارند که هر یک از آنها فقط به سه اتم دیگر متصل شده است. مثال :



در اتیلن (که تییدرو کربن سیر نشده است) دو اتم کربن هر يك به سه اتم دیگر متصل شده اند. در اتان (که تییدرو کربن سیر شده است) هر اتم کربن به چهار اتم دیگر متصل شده است.

بدیهی است در قسمتی از مولکول تییدرو کربن سیر نشده که پیوند دو گانه وجود ندارد، ویژگیهای اتمهای کربن مانند تییدرو کربنهای سیر شده است.

نام گذاری

به طور کلی برای نام گذاری تییدرو کربنهای مونو اتیلنی می توان پسوند (-ان) را که در آخر نام تمام تییدرو کربنهای سیر شده وجود دارد به پسوند (-ان ene) تبدیل کرد. در قدیم به جای این پسوند از پسوند (-ایلن) استفاده می کردند.

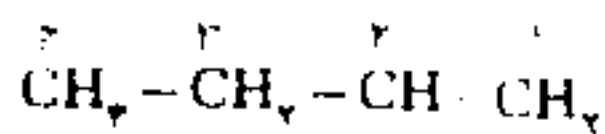
جدول زیر نام چند تییدرو کربن مونو اتیلنی و تییدرو کربن سیر شده هم کربن را نشان می دهد.

آلکان (Alkane) C_nH_{2n+2}	آلکین (Alkene) C_nH_{2n}
متان CH_4	
اتان C_2H_6	اتن (اتیلن) C_2H_4
پروپان C_3H_8	پروپن (پروپیلن) C_3H_6
بوتان C_4H_{10}	بوتن (بوتیلن) C_4H_8

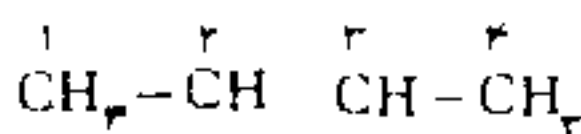
استفاده از قواعد ایوپاک برای نام گذاری تییدرو کربنهای مونو اتیلنی - قواعدی که برای نام گذاری تییدرو کربنهای سیر شده بیان داشتیم، در مورد نام گذاری آلکن ها نیز به کار می رود. ۱- بلندترین زنجیر کربنی را که شامل پیوند دو گانه نیز باشد به عنوان زنجیر اصلی انتخاب می کنیم.

۲- زنجیر نامبرده را از جهتی شماره گذاری می کنیم که کوچکترین شماره ممکن به اولین کربن دارای پیوند دو گانه تعلق گیرد و پیش از نام زنجیر اصلی این شماره را می آوریم. مثال:

۱- به یاد دارید که تییدرو کربنهای سیر شده را آلکان می نامند. با توجه به توضیح بالا تییدرو کربنهای سیر نشده خانواده اتیلن (مونو اتیلنی) نامیده می شوند. بعداً می خوانید که در تییدرو کربنهای دی اتیلنی (دارای دو پیوند دو گانه می باشد) از پسوند دین (diene) استفاده می شود.

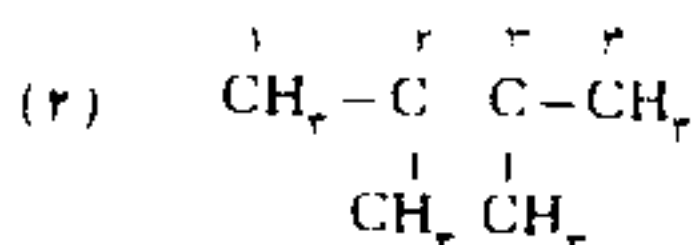


۱- بوتن

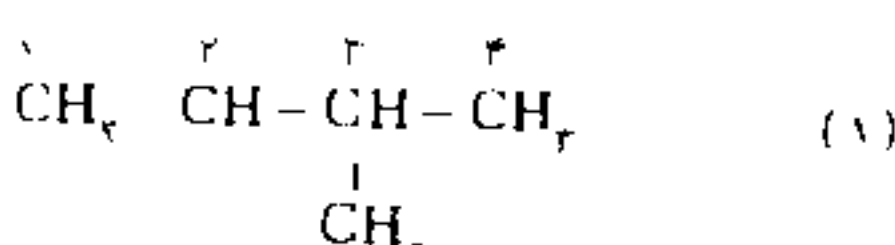


۲- بوتن

بدیهی است که در مورد ۲- بوتن با شماره گذاری از سمت راست نیز همین نام به دست می آید.
۳- اگر بر روی زنجیر اصلی، شاخه فرعی نیز وجود داشته باشد، شماره گذاری از جهتی انجام می گیرد که به اتصال دو گانه نزدیکتر باشد.

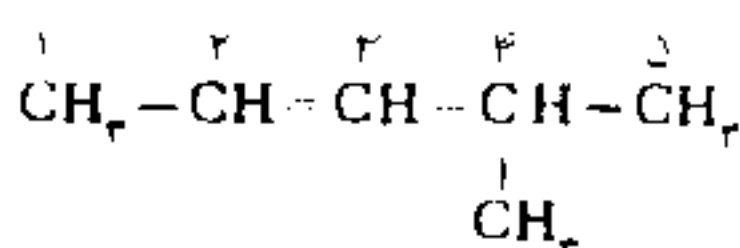


۳، ۲- دی متیل - ۲- بوتن



۳- متیل - ۱- بوتن

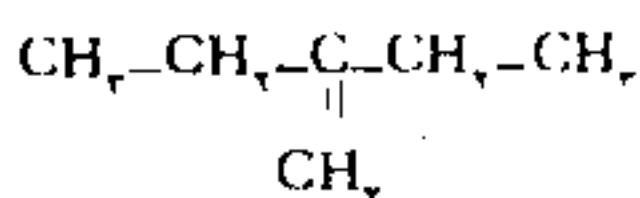
یاد آوری: در مورد این تئیدروکربنها قاعده کمترین مجموع اعداد به کار رفته رعایت نمی شود.
مثلا تئیدروکربن زیر را از سمت چپ که به پیوند دو گانه نزدیکتر است مطابق شکل زیر شماره گذاری



می کنیم

و آن را ۳- متیل - ۲- بتن می نامیم.

در اینجا نیز یاد آور می شویم که لازم نیست همیشه زنجیر اصلی بر روی يك خط افقی نوشته شده باشد. به عنوان مثال تئیدروکربن زیر را نام گذاری می کنیم:

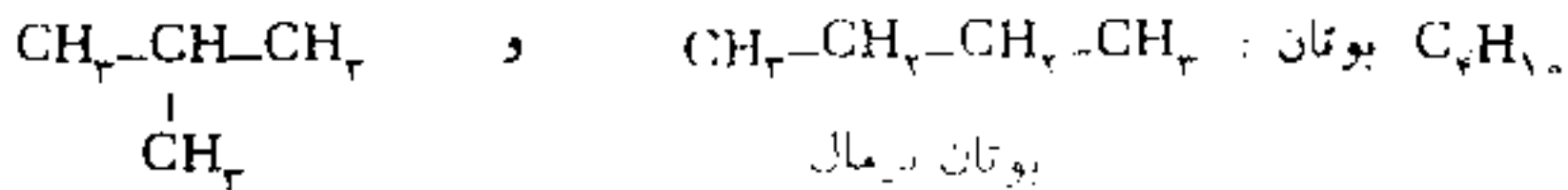


در این مورد زنجیر اصلی، زنجیری است که شامل پیوند دو گانه نیز باشد و در نتیجه نام این تئیدروکربن را باید ۲- متیل - ۲- بوتن نامید.

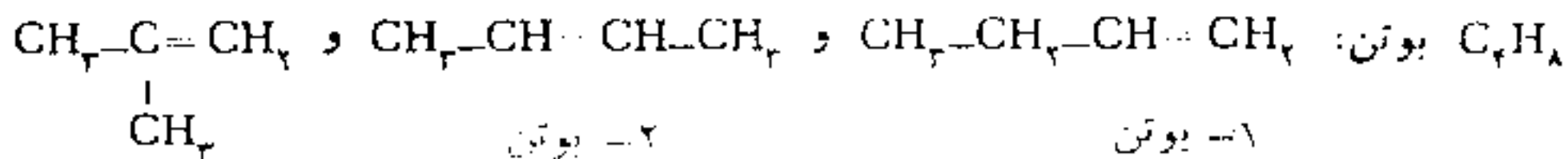
ایزومری - در مورد تئیدروکربنهای سیر شده، ملاحظه کردیم که پیدایش شاخه های فرعی و تغییر مکان آنها باعث به وجود آمدن ایزومری می شود. ولی در مورد آلکنها ایزومری، هم در نتیجه پیدایش و جابه جا شدن شاخه های فرعی و هم در اثر تغییر محل پیوند دو گانه ایجاد می شود.

بنابراین تعداد ایزومرها برای يك تئیدروکربن سیر نشده، معین، بیشتر از تعداد آنها برای تئیدروکربن سیر شده ای است که همان تعداد کربن دارد. به یاد دارید که بوتان دارای دو ایزومریکی بوتان نرمال و دیگری ۲- متیل پروپان است. بوتن که دارای همان تعداد کربن است دارای سه ایزومر می باشد:

۱- در روش ایوپاک شماره را قبل از پسوند نیز ذکر می کنند مثلا این ماده را بوت - ۲ - ان می نامند و ایزومر آن بوت - ۱ - ان نامیده می شود. این نوع نامگذاری در سایر موارد نیز صدق می کند. مثلا در مورد تئیدروکربنهای استیلنی، انکلها، ستنها و ...



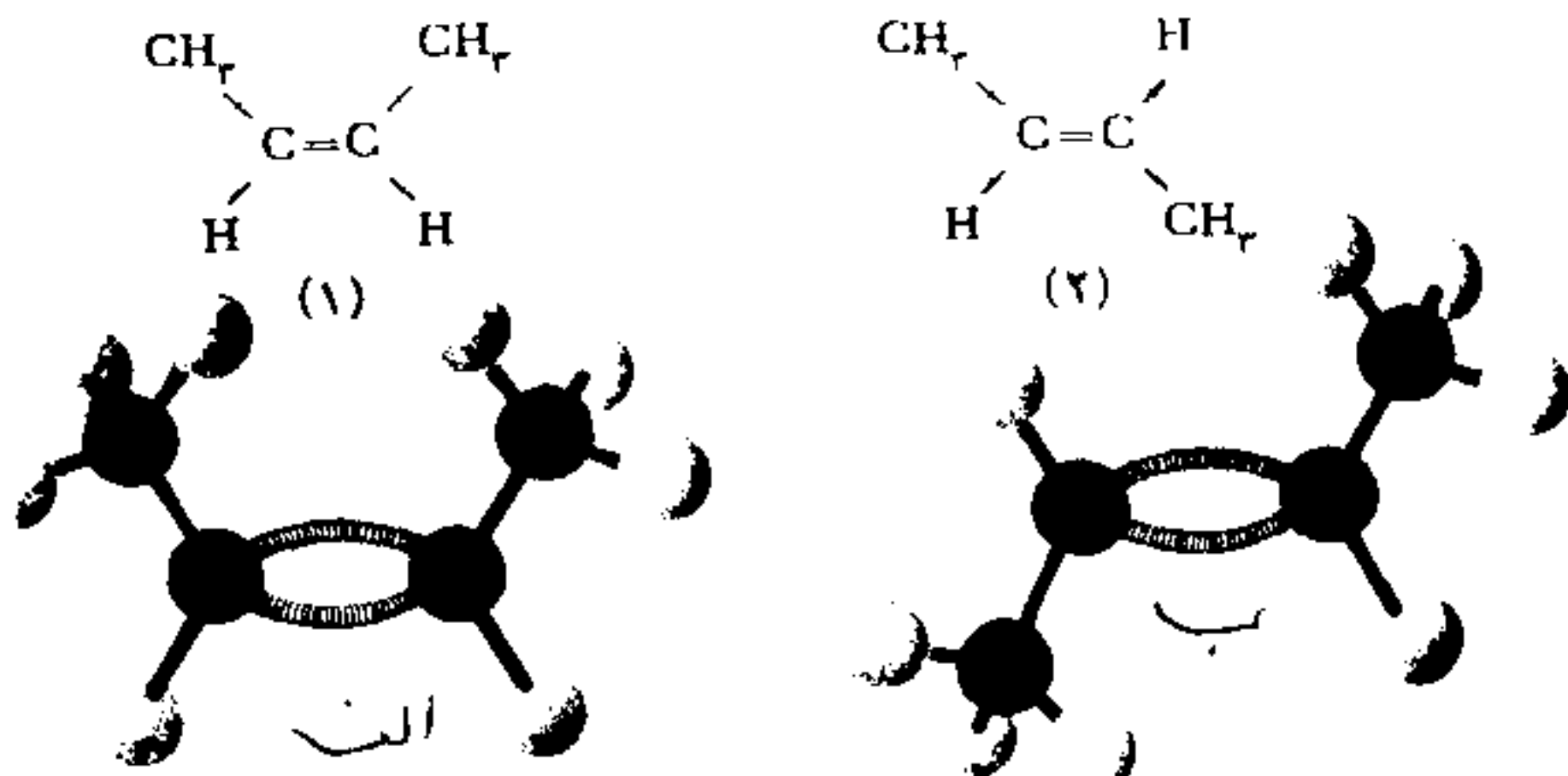
۲- متیل پروپان



۲- متیل - ۱- پروپن

بادآوری - برای ترکیبی مانند ۲- متیل پروپان یا ۲- متیل - ۱- پروپن می توان از ذکر شماره‌ها خودداری کرد. زیرا شاخه فرعی (متیل) به غیر از کربن دوم محل دیگری را نمی تواند اختیار کند، چون در آن صورت جزء شاخه اصلی به شمار می آید. بدیهی است که با تغییر مکان اتصال دو گانه، جهت شماره گذاری نیز تغییر خواهد کرد به نحوی که مجدداً همان نام به دست می آید. بنابراین می توان برای نام گذاری دو ترکیب فوق فقط به ذکر متیل پروپان و متیل پروپن اکتفا کرد.

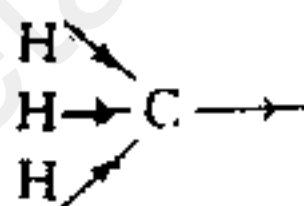
ایزومری هندسی - دیدیم که بوتن دارای سه ایزومر است، که از نظر فرمول گسترده (ساختمانی) با یکدیگر تفاوت دارند. این گونه ایزومری را معمولاً ایزومری ساختمانی می نامند. بنابراین انتظار داریم که سه ایزومر کربن اتیلنی با فرمول مولکولی C_4H_8 وجود داشته باشد که یکی از این سه ایزومر چنانکه در بالا مشاهده شد ۲- بوتن ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$) می باشد. آزمایشهای مختلف نشان داده است که دو نوع ۲- بوتن وجود دارد که از نظر برخی خواص با یکدیگر تفاوت دارند. اگر این دو ماده را با حروف الف و ب مشخص کنیم، ماده «الف» دارای نقطه جوش در حدود 4°C می باشد در حالی که ماده «ب» دارای نقطه جوش در حدود 1°C است. چون این دو ماده دارای خواص متفاوت هستند انتظار داریم که ساختمان آنها نیز با یکدیگر تفاوت داشته باشد. از نظر شکل هندسی به کمک مدل یا در روی کاغذ، مولکول ۲- بوتن را می توان به دو صورت زیر نشان داد:



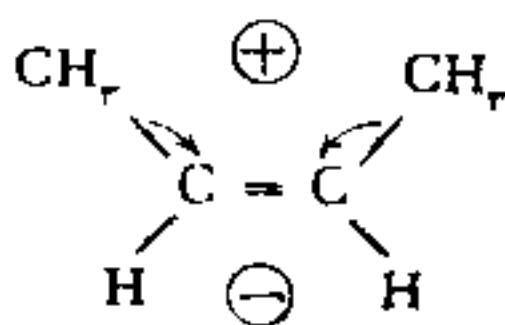
حال ببینیم کدام يك از دو فرمول با خواص ماده «الف» و کدام يك با خواص ماده «ب» مطابقت دارد. چون نقطه جوش ماده «الف» بالاتر است پس باید جاذبه بین مولکولهای آن از ماده «ب» بیشتر باشد. از شکلهای فوق شکل شماره (۲) به علت داشتن مرکز تقارن، غیر قطبی است ولی شماره (۱) چون مرکز تقارن ندارد، قطبی خواهد بود. بدیهی است که جاذبه بین مولکولهای قطبی از جاذبه بین مولکولهای غیر قطبی بیشتر است و در نتیجه جدا کردن مولکولهای آن از یکدیگر مشکلتر و نقطه جوش مایع آن بالاتر خواهد بود. بنابراین نتیجه می شود که ماده «الف» دارای ساختمان مشابه فرمول (۱) و ماده «ب» دارای ساختمانی مشابه فرمول (۲) می باشد.

این گونه ایزومری که مربوط به شکل هندسی مولکول می باشد، ایزومری هندسی نامیده می شود. برای مشخص کردن این دو ایزومر، ساختمان شماره (۱) را که در آن هر دو گروه متیل در يك طرف پیوند دوگانه قرار می گیرند، ایزومر «سیس» (Cis) و ایزومر دیگر که در آن دو گروه متیل در طرفین پیوند دوگانه قرار دارند ایزومر «ترانس» (Trans) می نامند.

علت قطبی شدن ۲- بوتن سیس را می توان به این ترتیب توضیح داد که چون الکترونگاتیوی کربن از تیدروژن بیشتر است (الکترونگاتیوی کربن ۲/۵ و الکترونگاتیوی تیدروژن ۲/۱ است)، الکترونهاى پیوندی C-H در گروه متیل بیشتر به سمت اتم کربن کشیده می شوند و در نتیجه اتم کربن برای حفظ تعادل الکترونی خود، الکترونها را از سوی دیگر از خود دور می سازد. بدین جهت گروه متیل را يك گروه الکترون دهنده به شمار می آورند.



در ۲- بوتن سیس به علت دور شدن الکترون از گروههای متیل، بخشی از مولکول که دو گروه متیل در آن قرار دارند دارای مقداری بار الکتریکی مثبت و بخش دیگر دارای بار الکتریکی منفی می گردد:

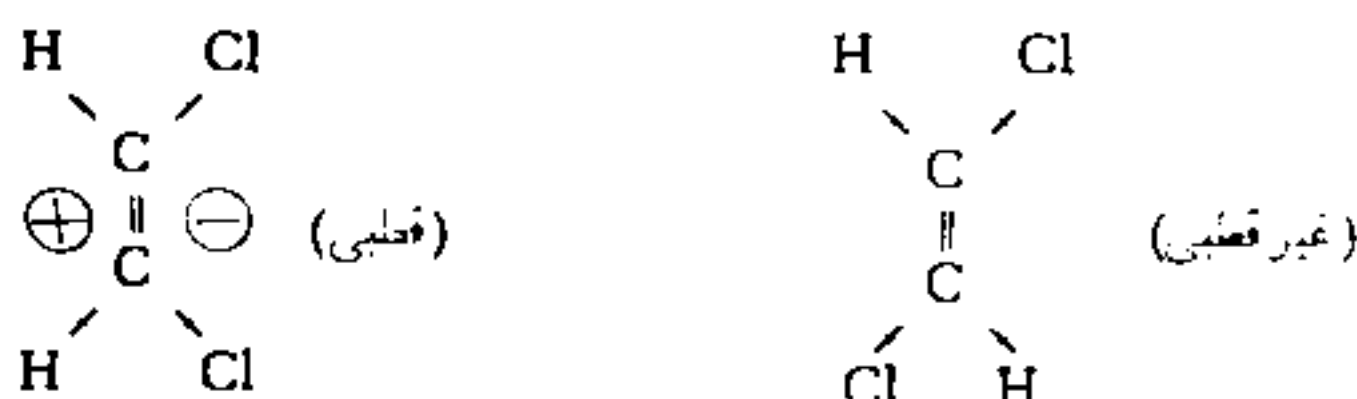


۱- Cis و Trans دو کلمه یونانی هستند که اولی به معنی «کنار» و دومی به معنی «مقابل»

می باشد.

۲- گروههایی مانند متیل و الکترونهاى پیوندی را از خود می رانند دارای اثر القایی مثبت می باشند.

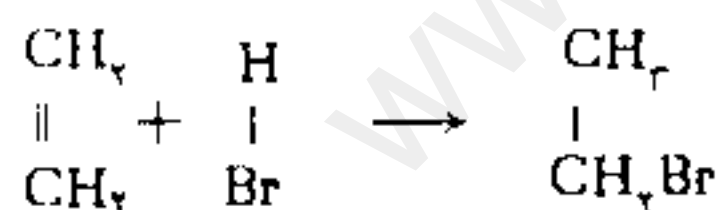
چون میزان قطبی شدن مولکول چندان زیاد نیست، در نتیجه اختلاف نقطه جوش دو ایزومر سیس و ترانس نیز کم است (در حدود ۳ درجه). اگر فرضیه فوق صحیح باشد، پیش بینی می شود که در مولکولهای مشابه در صورتی که میزان قطبی بودن بیشتر باشد، اختلاف نقطه جوش دو ایزومر نیز زیادتر گردد. برای امتحان فرضیه فوق دو ایزومر ۲،۱- دی کلرو اتیلن را بررسی می کنیم. گسترده این دو ایزومر را می توان به صورت زیر نوشت:



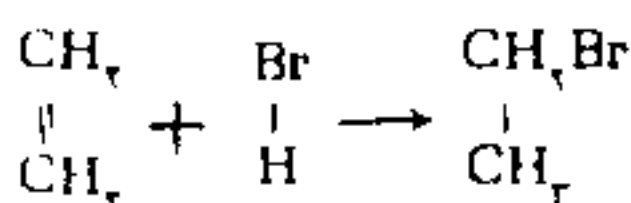
۲،۱- دی کلرو اتیلن ترانس ۲،۱- دی کلرو اتیلن سیس

در این مورد چون الکترونگاتیوی کلر از کربن بیشتر است، بخشی از مولکول که دو اتم کلر در آن قرار دارد به نسبت بیشتری، منفی و بخش دیگر مثبت خواهد شد. در این مورد میزان قطبی بودن مولکول بیشتر است و انتظار می رود که اختلاف نقطه جوش دو ایزومر زیاد باشد. آزمایش این پیش گوئی را تأیید می کند. (نقطه جوش ۲،۱- دی کلرو اتیلن سیس برابر 60°C و نقطه جوش ایزومر ۲،۱- دی کلرو اتیلن ترانس برابر 48°C است).

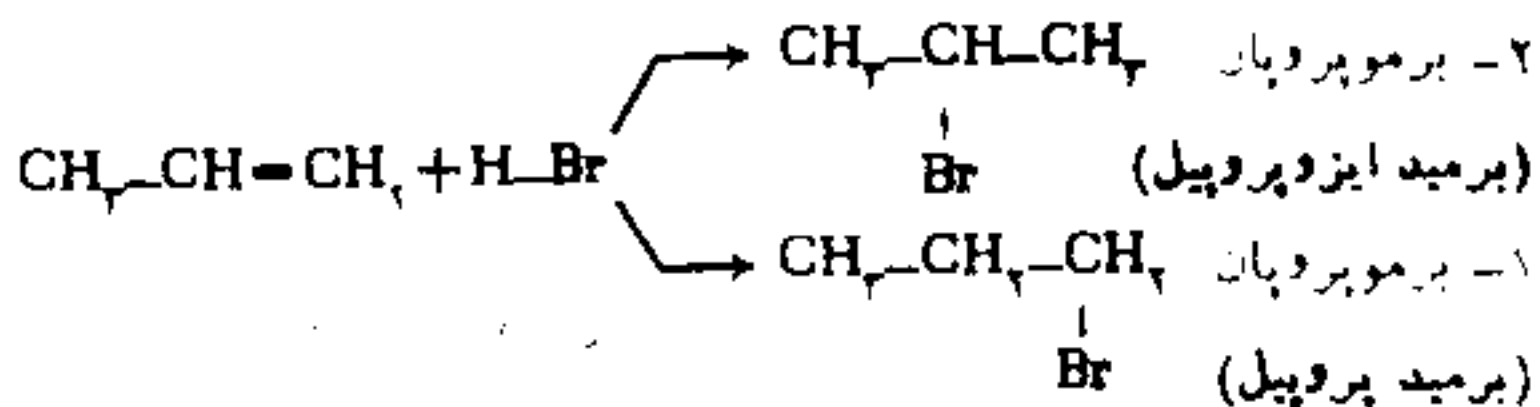
جمعیتی واکنشهای افزایشی در تیدرو کربنهای مونواتیلنی در واکنش افزایشی یک تیدر اسید هالوژن دار (مانند HBr) با اتیلن ملاحظه کردیم که تیدروژن تیدر اسید بر روی یکی از اتمهای کربن و هالوژن بر روی اتم کربن دیگر افزوده می شود در نتیجه برمواتان (برمید اتیل) تشکیل می گردد.



حال اگر در معادله فوق جای تیدروژن و برم بر روی اتمهای کربن عوض شود، چون دو اتم کربن در اتیلن از هر نظر یکسان هستند، باز هم نتیجه عمل همان برمواتان خواهد شد.



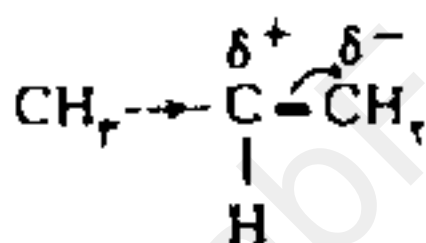
ولی اگر به جای اتیلن در این واکنش از هومولوگ بمسدی یعنی پروپن یا پروپیلن ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$) استفاده کنیم، اتمهای کربن پیوند دو گانه دیگر یکسان نیستند. دو امکان مختلف صفحه بعد برای انجام یافتن این واکنش افزایشی پیش بینی می شود.



در عمل مشاهده می‌شود که نسبت محصول ۲- برموپروپان خیلی بیشتر است.

مارکونیکوف (Markovnikov) شیمی‌دان روسی پس از آزمایش‌ها و تحقیقات زیاد قاعده

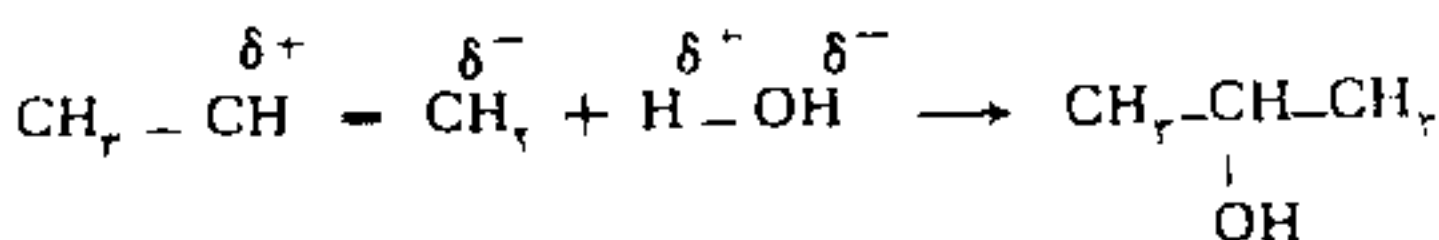
تجربی زیر را که به نام وی معروف است پیشنهاد کرد: « وقتی که یک ایدراسید بر یک آلکن نامتقارن افزوده می‌شود، در شرایط مادی، ایدروژن بیشتر به اتم کربنی در پیوند دو گانه متصل می‌گردد که ایدروژن بیشتری داشته باشد». توجه دارید که اتیان یک آلکن متقارن و پروپن برعکس یک آلکن نامتقارن است. یعنی اتم‌های کربن پیوند دو گانه در مولکول اخیر بایکدیگر تفاوت دارند. همان‌طور که دیده شد، گروه منیل ($-\text{CH}_3$) می‌تواند الکترونها را از خود دور سازد. با استفاده از مفهوم فوق می‌توان، قاعده مارکونیکوف را به صورت زیر توجیه کرد.



همان‌طور که نشان داده شده است، وقتی در پروپن گروه منیل الکترونها را پیوندی را به سمت کربن میانی براند، الکترونها را در پیوند دو گانه (که خیلی ست هستند) به سمت کربن انتهایی (اتم کربن سمت راست در شکل) رانده می‌شوند و در نتیجه پیوند دو گانه به صورتی که نشان داده شده است قطبی می‌شود. یعنی اتم کربن میانی حامل مقدار کمی بار مثبت و اتم کربن انتهایی حامل مقدار کمی بار منفی خواهد بود. حال با توجه به این که ماده افزوده شدنش مثلا HBr نیز به صورت $\text{H}^{\delta+} - \text{Br}^{\delta-}$ قطبی است، می‌توان پذیرفت که در واکنش افزایشی HBr با پروپن، ایدروژن (که حامل مقداری بار مثبت است) بر روی کربنی که حامل مقداری بار منفی است و در عین حال ایدروژن بیشتر دارد می‌نشیند و برم (که حامل مقداری بار منفی است) به کربنی که حامل مقداری بار مثبت است افزوده می‌شود.

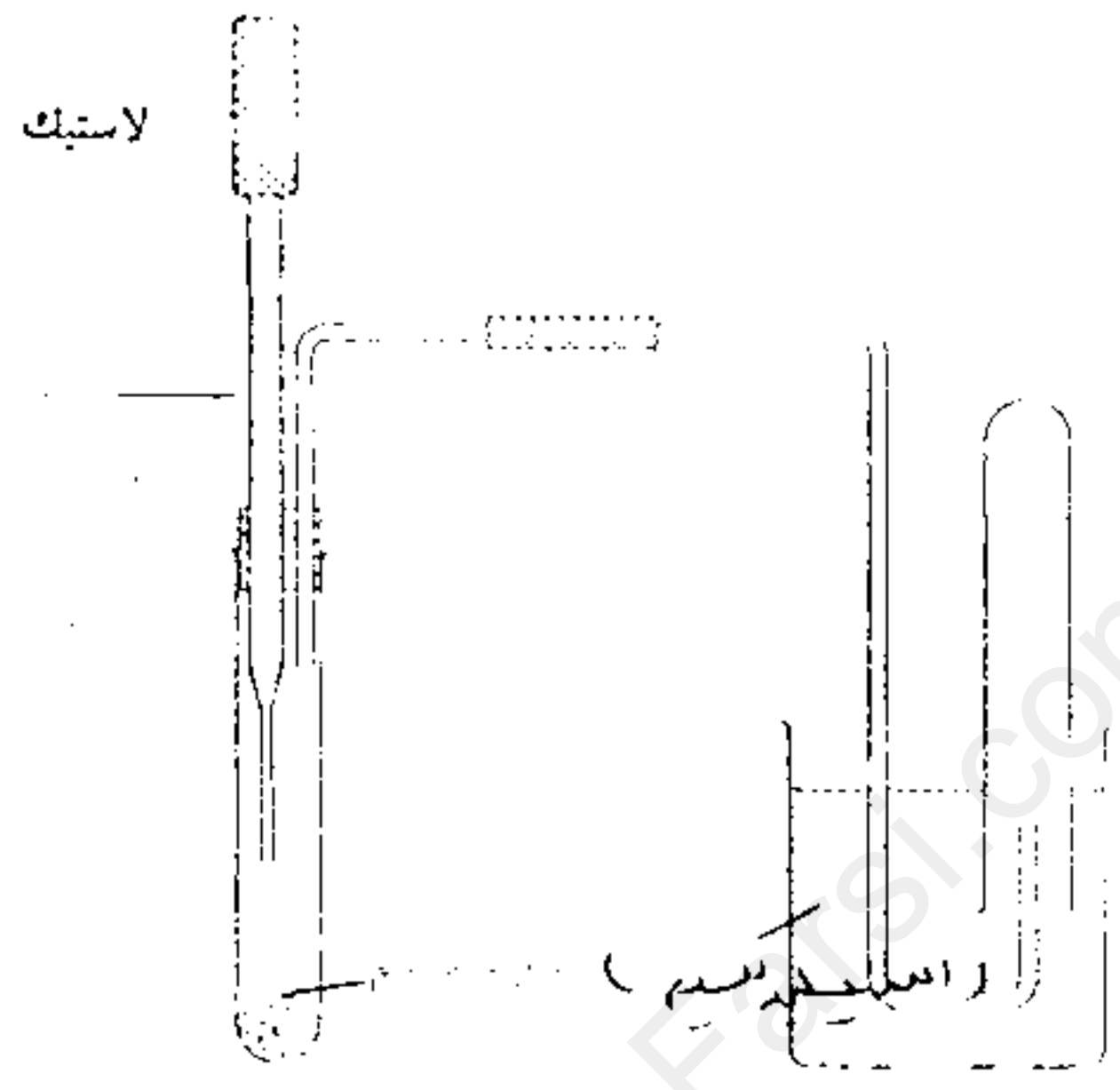
به عنوان مثالی دیگر، واکنش افزایشی آب را با پروپن ذکر می‌کنیم. اگر مولکول آب

را به صورت $\text{H}^{\delta+} - \text{OH}^{\delta-}$ قطبی در نظر بگیریم، ایدروژن آب بر روی اتم کربنی می‌نشیند که ایدروژن بیشتر دارد و OH آب بر اتم کربنی که ایدروژن کمتر دارد، متصل می‌گردد. در نتیجه بیشتر ترکیبی که ایزوپروپیل الکل نام دارد، به دست می‌آید.

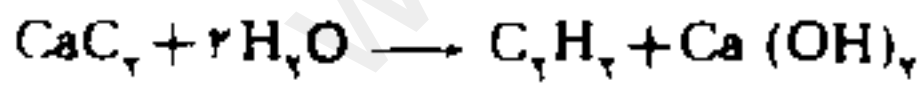


استیلین (کالسیلین) سیدنی
 استیلین : استیلین
 $C_8H_8-CH_2$ بریل
 استیلین
 $CH_2=CH-$

نمونه و برخی خواص - آزمون - ابزار و مواد مورد نیاز - دستگاهی مطابق شکل ،
 کریید کلسیم، کلرید مس (I)، محلول آمونیاک، محلول رقیق آب برم و سولفات مس (II).



آزمایش ۱ - دستگاهی مطابق شکل سوار کنید. مقداری کریید کلسیم CaC_2 در لوله آزمایش قرار دهید. با فشار دادن به لاستیک قطره چکان، قطره قطره آب بر کریید کلسیم بریزید تا گاز استیلین با سرعت مناسبی از دستگاه خارج شود. در تشتک محلول رقیق سولفات مس (II) بریزید. لوله آزمایش اول را که از گاز پر می شود کنار بگذارید، چون دارای مقدار قابل توجهی هواست که از دستگاه خارج شده است. سپس چند لوله آزمایش را از گاز استیلین پر کنید و دهانه آنها را با چوب پنبه ببندید و برای آزمایشهای بعدی نگه دارید. واکنش انجام شده را می توان به صورت زیر نوشت :



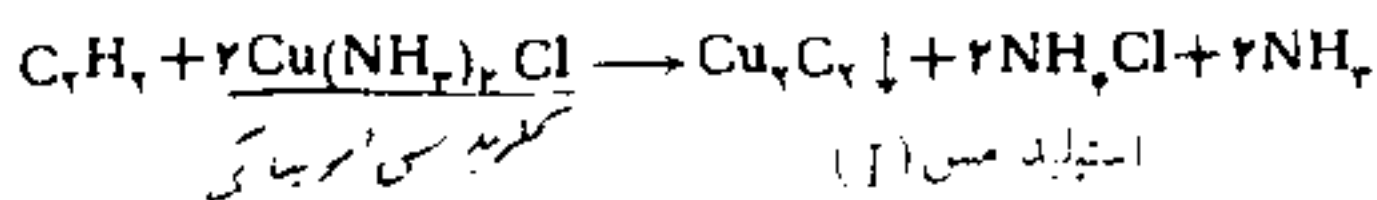
معمولا کریید کلسیم تجارتی مقداری ناخالصی دارد که این ناخالصی ها نیز با آب تولید گازهای بدهویی از قبیل H_2S و PH_3 می نمایند. محلول سولفات مس (II) این گازها را جذب می کند و آنها را از گاز استیلین جدا می سازد.

استیلین خالص گازی است بی رنگ و با بوی اتتری.

آزمایش ۲ - مقدار کمی (در حدود ۱٪) آب برم رقیق را به یکی از لوله های آزمایش محتوی استیلین که قبلا تهیه کرده اید بیفزایید. درب آنرا محکم ببندید و تکان دهید رنگ آب برم به ملایمت از بین می رود.

پس از آن استیلین از این نظر چه شباهتی با اتیلین دارد ؟

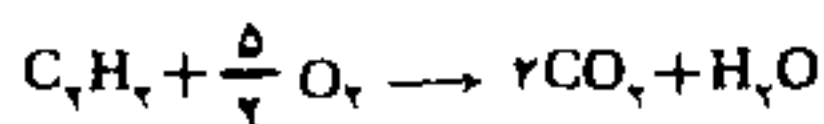
آزمایش ۳- اندکی کلرید مس (I) را در ۲CC محلول آمونیاك حل کنید و به یکی دیگر از لوله‌های آزمایش محتوی گاز استیلن بیفزایید. درب لوله را ببندید و تکان دهید. رسوب آجری رنگی به نام استیلید مس (I) تشکیل می‌شود.



رسوب استیلید مس را پس از انجام آزمایش با مقدار زیادی آب بشویید و دور بریزید. زیرا استیلید مس خشک قابل انفجار است.

اگر در این آزمایش به جای استیلن از اتیلن استفاده کنید، هیچگونه رسوبی تشکیل نخواهد شد (تفاوت مهم با اتیلن).

آزمایش ۴- سوختن - آخرین لوله آزمایشی را که با گاز استیلن پر کرده‌اید و از نبودن هوا در آن اطمینان دارید (چرا؟) انتخاب کنید. لوله را در دستمال گرفته (چرا؟) درب لوله را بردارید و با احتیاط کبریت روشنی را به دهانه آن نزدیک کنید. استیلن با شعله دوددار و روشنی می‌سوزد. واکنش سوختن کامل آنرا می‌توان به صورت زیر نوشت:



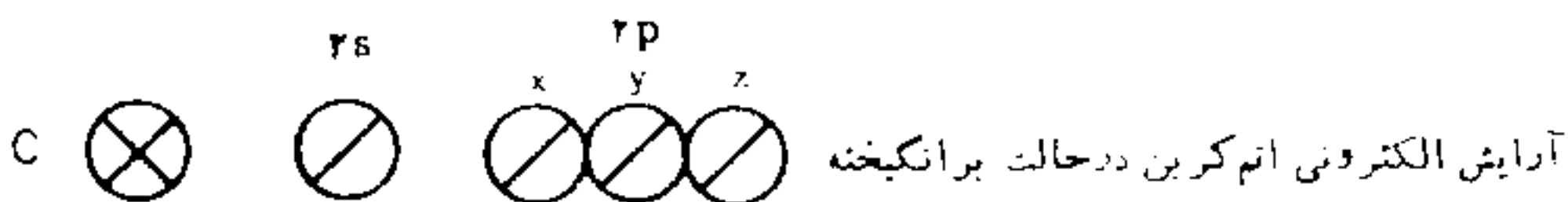
عملاً سوختن آن کامل نیست و مقداری دوده از سوختن ناقص آن تولید می‌شود.

ساختمان استیلن - فرمول استیلن (C_2H_2) نشان می‌دهد که در مولکول آن به ازای دو اتم کربن فقط دو اتم هیدروژن وجود دارد. با توجه به چهار ظرفیتی بودن کربن و یک ظرفیتی بودن هیدروژن، فرمول گسترده زیر را می‌توان برای آن در نظر گرفت:



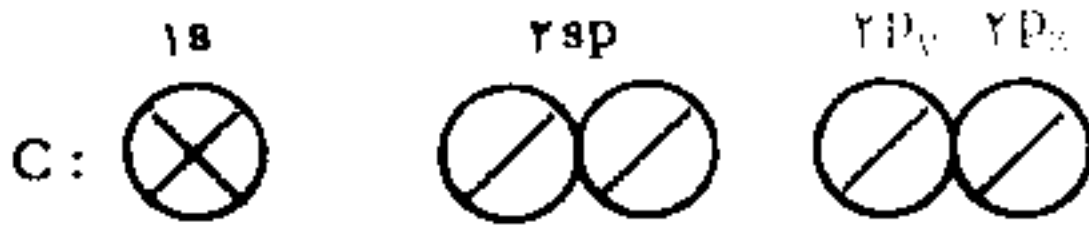
به طوری که مشاهده می‌شود اتمهای کربن بایک پیوند سه گانه به یکدیگر متصل شده‌اند (یعنی بین دو اتم کربن سه جفت الکترون مشترک وجود دارد). به عبارت دیگر در مولکول استیلن دو اتم کربن وجود دارد که هر یک فقط به دو اتم دیگر متصل شده است.

با توجه به آرایش الکترونی اتم کربن ساختمان مولکول استیلن را چگونه می‌توان توجیه کرد؟

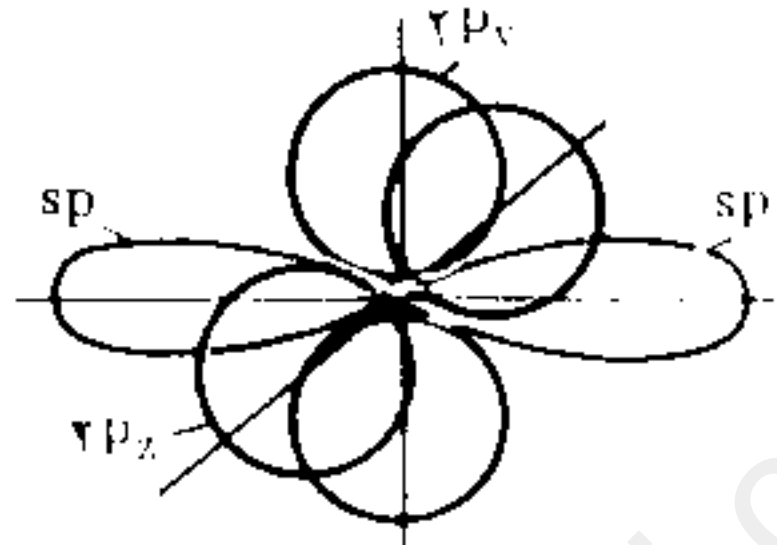


همان طور که در مورد اتم بریلیم (Be) دیده شد، در این مورد نیز اوربیتال ۲s با یکی از اوربیتالهای ۲p مثلاً ۲p_x هیبرید می‌شود و دو اوربیتال هیبریدی sp به وجود می‌آورند. بدیهی

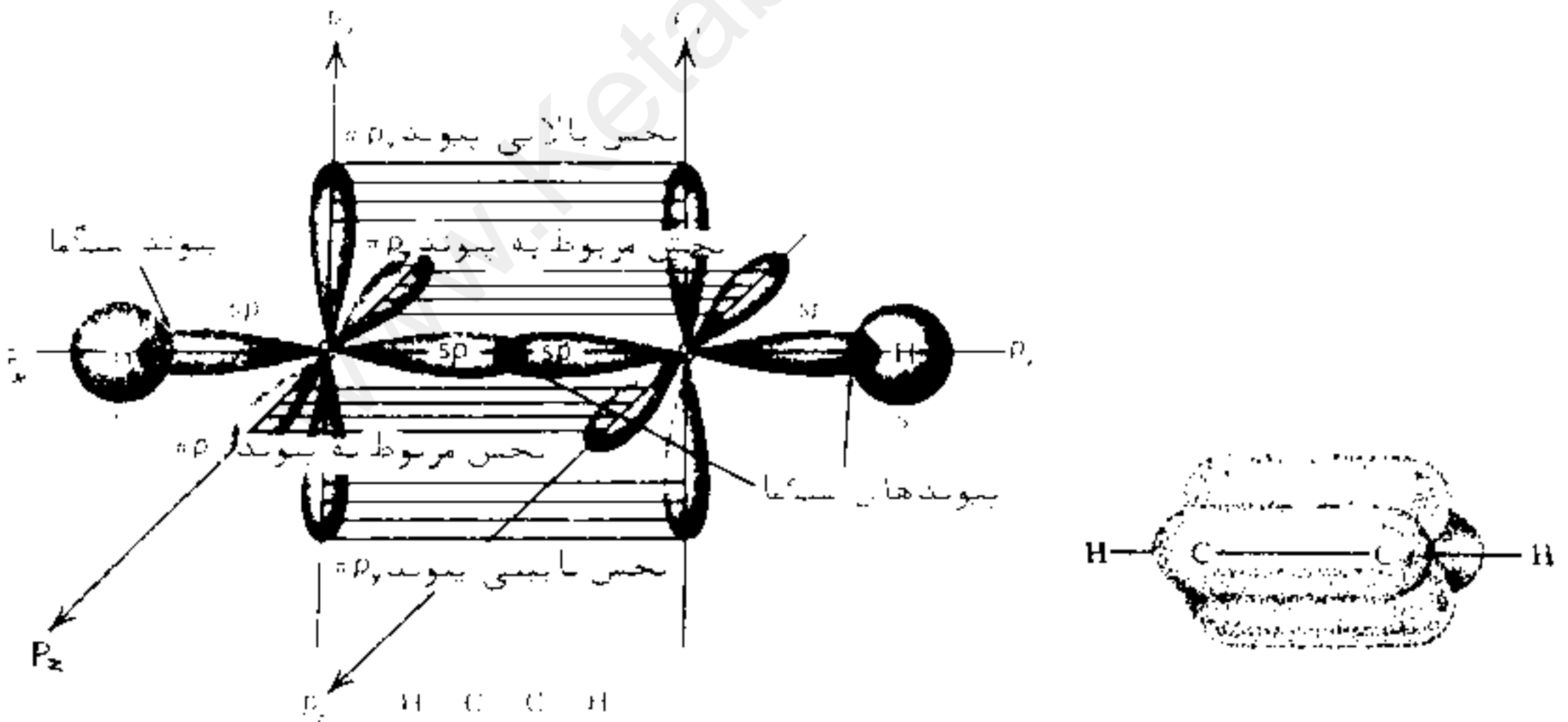
است که دو اربیتال $2p_y$ و $2p_z$ دست نخورده باقی می‌مانند.



می‌دانیم که محور اربیتالهای هیبریدی sp در امتداد یک خط مستقیم قرار می‌گیرند و محور اربیتالهای $2p_y$ و $2p_z$ بر یکدیگر و همچنین بر محور مشترک اربیتالهای sp عمود می‌باشند.



حال اگر محور اربیتال هیبریدی sp از یک اتم کربن در امتداد محور اربیتال هیبریدی sp از اتم کربن دیگر قرار گیرد و همپوشانی کنند، یک پیوند سیگما بین این دو اتم کربن تشکیل می‌شود (تراکم ابرالکترونی در اطراف محور این پیوند متقارن است). در این حالت برای هر اتم کربن یک اربیتال



هیبریدی sp باقی مانده است که از پوشش متقابل هر یک از این اربیتالها با اربیتال $1s$ از یک اتم هیدروژن، دو پیوند سیگمای دیگر در طرفین مولکول تشکیل می‌گردد. با تشکیل پیوند بین دو اتم کربن، محور اربیتالهای $2p_y$ از دو اتم کربن می‌توانند با یکدیگر موازی قرار گیرند و از همپوشانی جانبی آنها یک پیوند π تشکیل می‌شود.

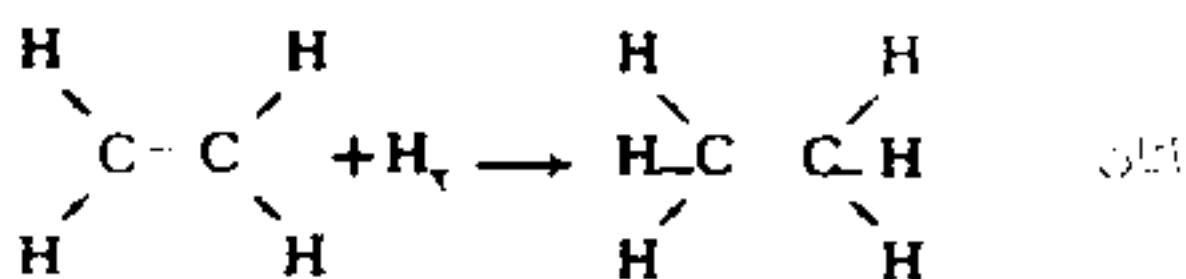
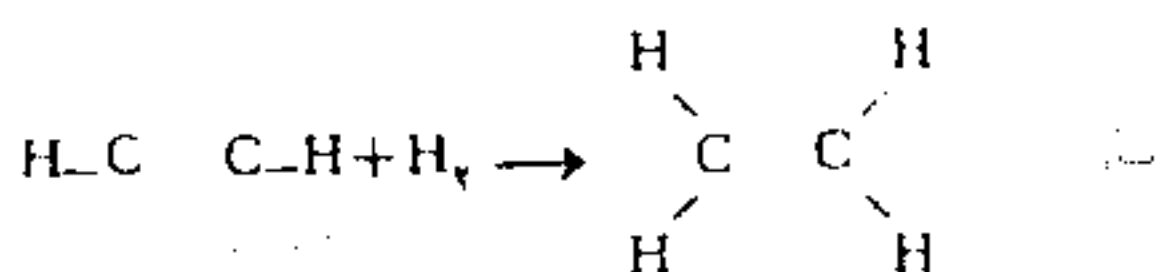
از طرفی چون محور اربیتالهای $2p_x$ و $2p_z$ برهم عمودند، وقتی محور اربیتالهای $2p_y$ با یکدیگر موازی قرار گیرند، محور اربیتالهای $2p_z$ نیز با یکدیگر موازی خواهند بود و از همپوشانی این دو اربیتال نیز یک پیوند π دیگر تشکیل می‌گردد. با این ترتیب نتیجه می‌گیریم که پیوند سه گانه موجود بین دو اتم کربن در استیلن، از یک پیوند سیگما (σ) و دو پیوند پی (π) تشکیل شده است. اندازه گیریهای تجربی با ساختمان نسبت داده شده به مولکول استیلن موافقت کامل دارد. زوایای پیوندی $C-C-H$ برابر 180° هستند، به عبارت دیگر مولکول استیلن خطی است یعنی دو اتم هیدروژن و دو اتم کربن همگی بر روی یک خط مستقیم قرار دارند.



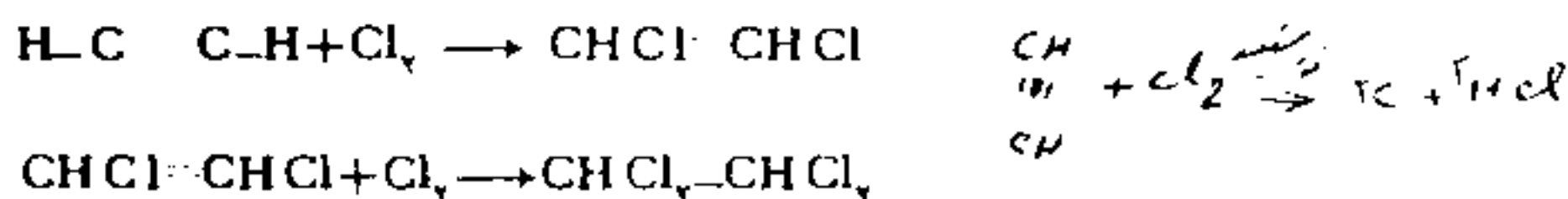
چون بین دو اتم کربن یک پیوند سه گانه موجود است که با همپوشانی بیشتر اربیتالها، اتمهای کربن بیش از پیش به یکدیگر نزدیک شده‌اند، طول پیوند سه گانه بین دو اتم کربن کوتاهتر از طول پیوند دو گانه ساده بین دو اتم کربن می‌باشد و همچنین اتمهای کربن در استیلن محکم‌تر از اتمهای کربن در اتیلن به یکدیگر متصل شده‌اند و انرژی پیوند $C \equiv C$ از پیوندهای $C=C$ و $C-C$ بیشتر است (طول پیوند $C \equiv C$ $1/2$ انگستروم و قدرت این پیوند در حدود 200 کیلو کالری بر مول است).

در طی واکنشهای افزایشی استیلن

الف- نیدروژن-اسون دیدیم که هر یک از اتمهای کربن در مولکول استیلن فقط با دو اتم دیگر پیوند دارد و از طرفی در آزمایش (۲) دیدیم که استیلن می‌تواند آب برم را بی‌رنگ کند. بنابراین استیلن سیر نشده است و می‌تواند در برابر کاتالیزورهای مناسب، دو مولکول هیدروژن جذب کند و به اتان تبدیل شود. بدیهی است که افزایش دو مولکول هیدروژن در دو مرحله صورت می‌گیرد:

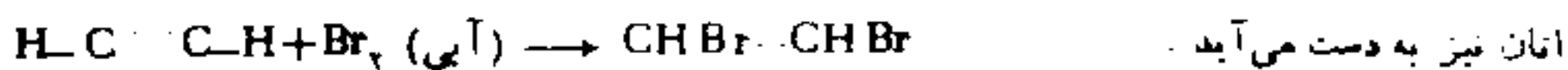


ب - هالوژناسیون - گاز کلر در تاریکی نیز بر استیلن افزوده می‌شود (واکنش آن در مقابل نور تخریبی است) در اینجا نیز واکنش در دو مرحله صورت می‌گیرد :



نثرین - نام ترکیبات تولید شده در هر یک از مراحل بالا را بنویسید .

با آب برم فقط مرحله اول پیشرفت می‌کند ولی اگر از برم مایع استفاده شود، تقریباً



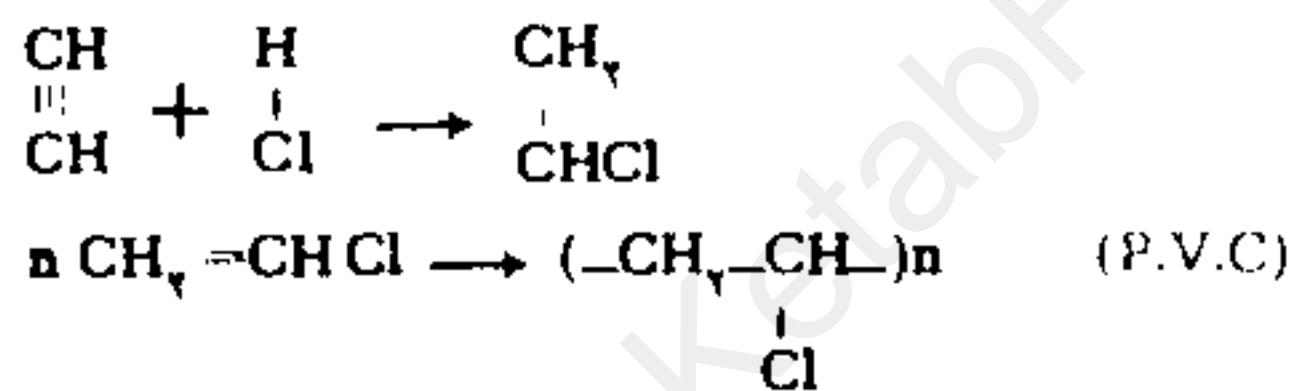
و نثر گیرنده‌ها

پ - اثر کلرید لیانروژن - واکنش استیلن با کلرید تی‌دیروژن نیز در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله

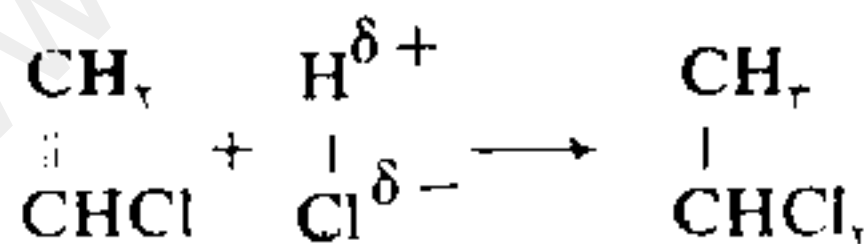
اول $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ تشکیل می‌شود که کلرو اتیلن یا کلرید وینیل نام دارد. کلرید وینیل یکی از مواد

صنعتی بسیار مهم است. زیرا از پلیمریزاسیون آن پلی‌کلرید وینیل (P.V.C.) (Poly Vinyl Chloride)

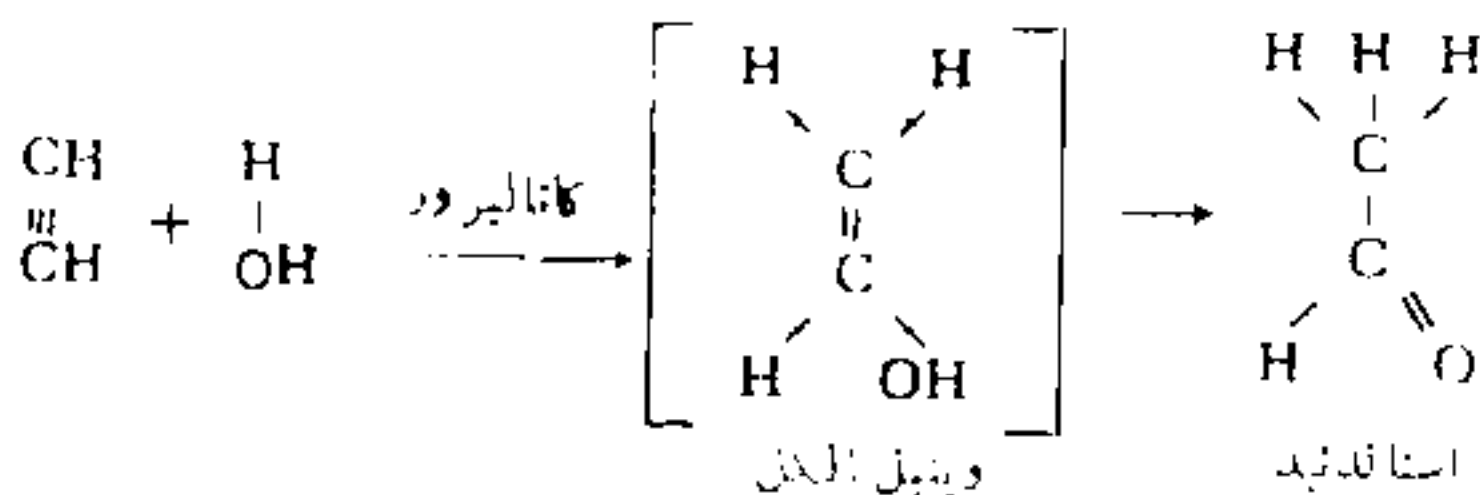
که نوعی پلاستیک معروف است و موارد استعمال زیادی دارد به دست می‌آید .



کلرید وینیل نیز می‌تواند بایک مولکول دیگر کلرید تی‌دیروژن ترکیب شود :



ت - اثر آب - گاز استیلن در مجاورت نمک‌های جیوه (II) بایک مولکول آب واکنش افزایشی

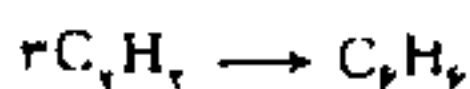


۱ - استیلن $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ را وینیل می‌نامند .

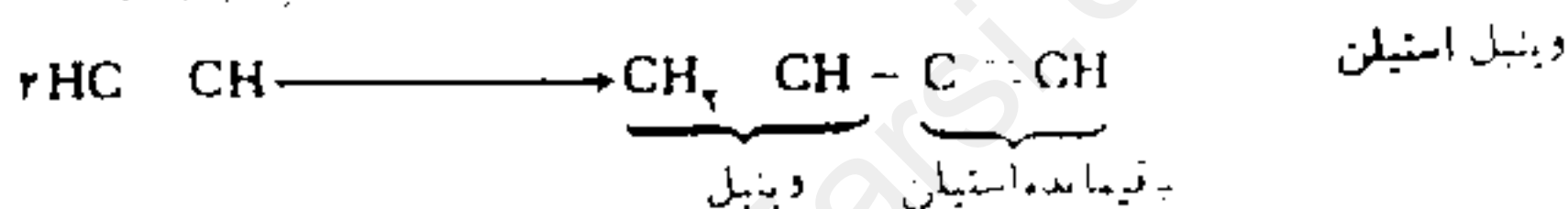
انجام می‌دهد. در این عمل ابتدا وینیل الکل که ناپایدار است تشکیل می‌شود و با تغییر آرایش اتمها در مولکول به استالدهید تبدیل می‌گردد.

تبدیل استیلن به استالدهید از نظر صنعتی اهمیت بسیار دارد. زیرا استالدهید در تهیه بسیاری از ترکیبات آلی مصرف می‌شود.

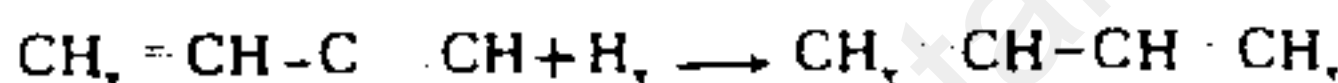
لیگت پلیمریزاسیون استیلن در شرایط متفاوت به طرق مختلف پلیمریزه می‌شود، اگر تحت فشار گرم شود مقدار کمی از آن به مایمی با فرمول C_6H_6 تبدیل می‌گردد که آن را بنزن می‌نامند.



لیگت ولی دو مولکول استیلن در مجاورت کاتالیزور مناسب به یکدیگر افزوده شده و ترکیبی به نام وینیل استیلن به دست می‌آید.

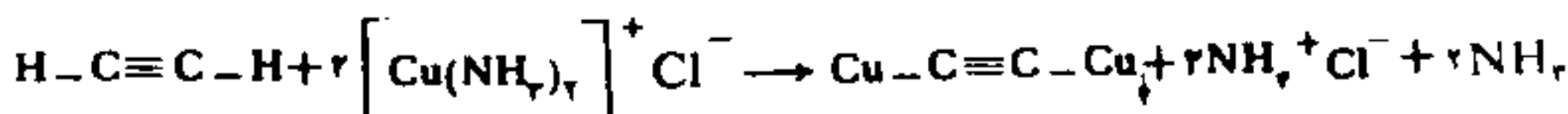


واکنش یک مولکول ماده فوق با یک مولکول نیدروژن را می‌توان به صورت زیر نوشت:



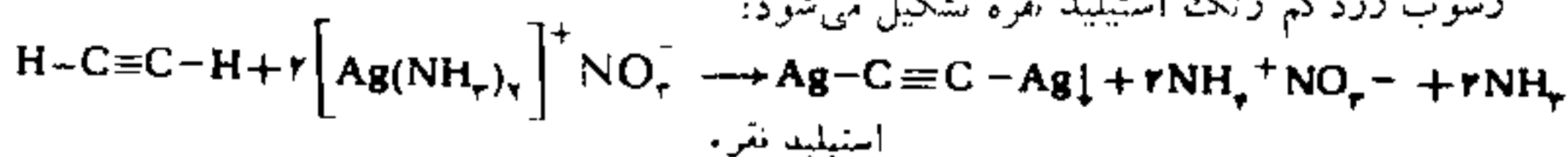
به طوری که ملاحظه می‌شود مولکول این ماده دارای دو پیوند دوگانه است، به عبارت دیگر این ماده یک نیدروژن پس دی اتیلر است. در این ماده کربنها را از هر طرف شماره گذاری کنیم، پیوندهای دوگانه روی کربنهای ۱ و ۳ خواهند بود، به همین علت آنرا ۱، ۳ - بوتادین می‌نامند (بوتان، به خاطر چهار کربنی بودن، دین به خاطر دو پیوند دوگانه و ۱، ۳ به خاطر محل پیوندهای دوگانه). چنان که بعداً خواهیم دید بوتادین، ماده اولیه خوبی برای تهیه برخی انواع کائوچوی مصنوعی می‌باشد.

واکنشهای جانشینی - در آزمایش ۳ (خواص استیلن) دیدید که وقتی گاز استیلن را از درون محلول آمونیاکی کلرید مس (I) عبور می‌دهیم، رسوب قرمز آجری استیلید مس (I) تشکیل می‌شود. در این واکنش دو اتم مس یک ظرفیتی جای دو اتم نیدروژن را در مولکول استیلن می‌گیرند. به عبارت دیگر یک واکنش جانشینی صورت گرفته است.

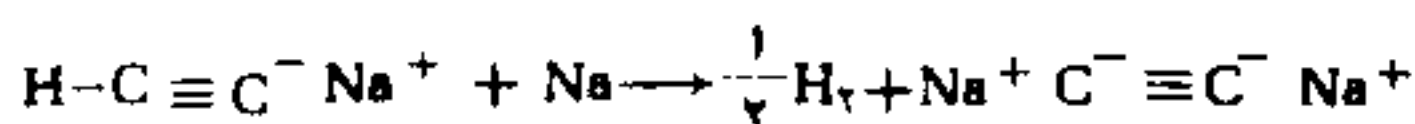
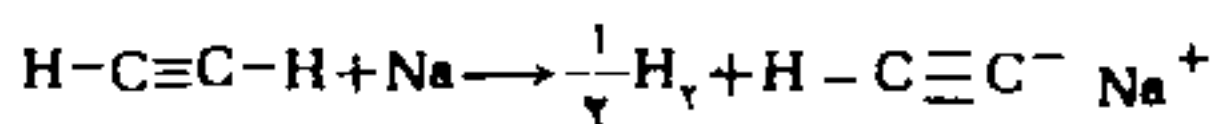


به همین ترتیب اگر گاز استیلن را از درون محلول آمونیاکی نیترات نقره عبور دهیم ،

رسوب زرد کم رنگ استیلید نقره تشکیل می شود:

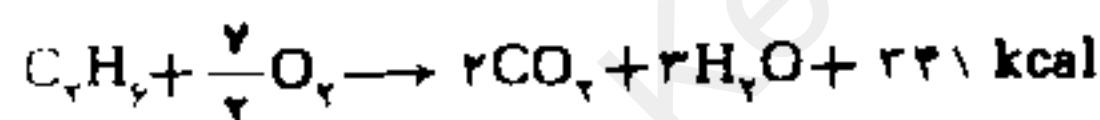
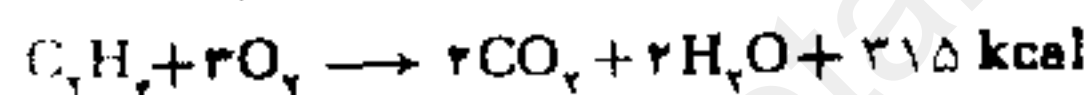
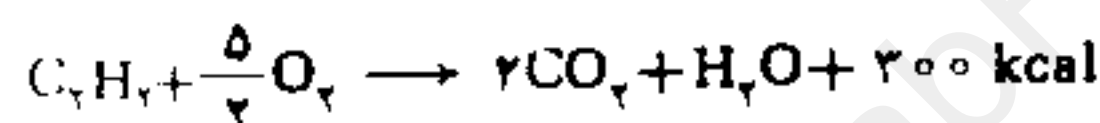


بنابراین می توان نتیجه گرفت که ایدروژن های مولکول استیلن مانند ایدروژن اسیدها قابل جانشین شدن به وسیله فلز هستند به نحوی که فلزات فعالی مانند سدیم و کلسیم مستقیماً می توانند جانشین ایدروژن آن گردند .



در استیلیدهای فلزی ، پیوند فلز با کربن در مورد مس و نقره بیشتر جنبه کووالانسی و در مورد کلسیم و سدیم بیشتر جنبه یونی دارد .

مقایسه سوختن استیلن با اتیلن و اتان - معادله سوختن کامل این سه ایدروکربن به صورت زیر است:



به طوری که ملاحظه می شود مقدار گرمای واکنش حاصل از سوختن استیلن، از دو ایدروکربن دیگر کمتر است ، در صورتی که عملاً برای جوشکاری و بریدن قطعات فلزی که نیاز به دمای زیاد دارد از استیلن استفاده می کنند (این نوع جوشکاری به جوش کاربید معروف است) . علت بالاتر رفتن دما به هنگام سوختن استیلن را می توان به این صورت توجیه کرد که از سوختن یک مول از این گاز تعداد مول کمتری در مقایسه با دو ایدروکربن دیگر گاز پدید می آید در نتیجه این گازها برای رسیدن به دمای شعله گرمای کمتری مصرف می کنند و دما بالاتر می رود .

پرسش - در واکنشهای بالا تعداد مولهای گاز را در طرف دوم هر یک از واکنشها محاسبه و در واکنشهای مختلف مقایسه کنید .

ایدروکربنهای هم خانواده استیلن

استیلن ساده ترین عضو این خانواده است و به همین جهت ایدروکربنهایی را که دارای یک پیوند سه گانه هستند، ایدروکربنهای استیلنی می نامند. دو عضو بعدی این خانواده یکی C_4H_6 و دیگری

C_pH_q می باشند . به طوری که ملاحظه می شود ، این هیدروکربنها نیز هر يك با دیگری در يك گروه $(-CH_2-)$ تفاوت دارند . بنابراین آنها را هومولوگ یکدیگر می دانیم . از طرفی چون هر مولکول از این هیدروکربنها ۲ اتم هیدروژن کمتر از هیدروکربنهای اتیلنی همردیف خود دارد پس فرمول کلی هیدروکربنهای استیلنی را می توان به صورت C_nH_{2n-2} نوشت . فرمول کلی هیدروکربنهای دی اتیلنی نیز می باشد .

C_2H_2 فقط دارای يك ایزومر استیلنی به صورت $CH_3-C \equiv C-H$ است . در صورتیکه C_4H_6 دارای دو ایزومر استیلنی به فرمولهای ساختمانی زیر می باشد :



برای نام گذاری هیدروکربنهای استیلنی پسوند $(-ان)$ را از آخر نام هیدروکربنهای سیر شده هم کربن آن حذف کرده و به جای آن پسوند $(-ین yne)$ قرار می دهند . بدین جهت هیدروکربنهای استیلنی را به طور کلی آلکین (Alkyne) نیز می نامند . بنابراین نام C_4H_6 ، پروپین و نام C_4H_6 بوتین است .

تمرین ۱- با استفاده از قواعد نام گذاری ایوپاک نام کامل دو ایزومر بوتین را بنویسید .

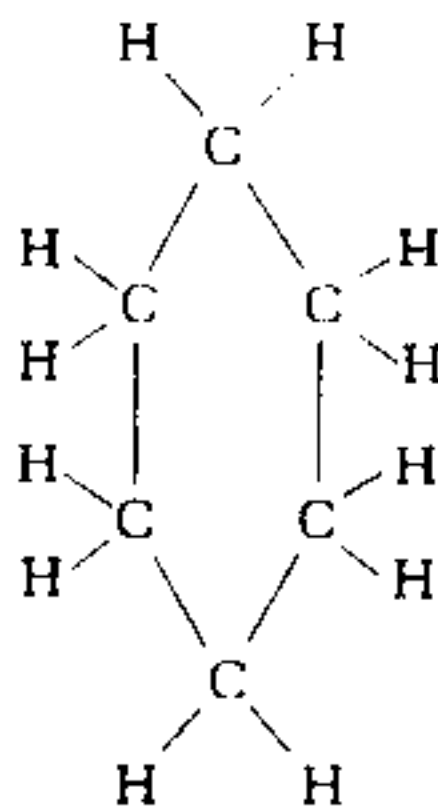
تمرین ۲- فرمول ساختمانی ایزومرهای استیلنی و دی اتیلنی C_6H_{10} و نام آنها را بنویسید .

تمرین ۳- معادله سوختن کامل هیدروکربنهای اتیلنی و استیلنی را بنویسید .

ئیدرو کربنهای حلقوی

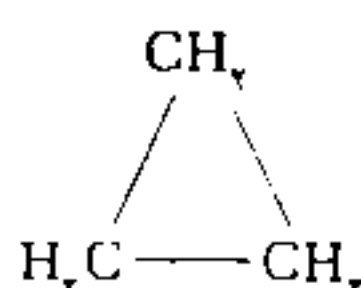
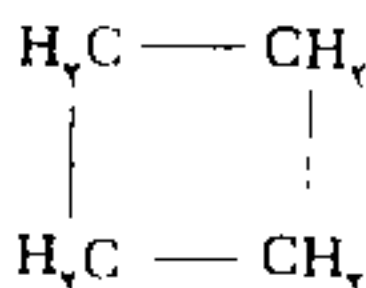
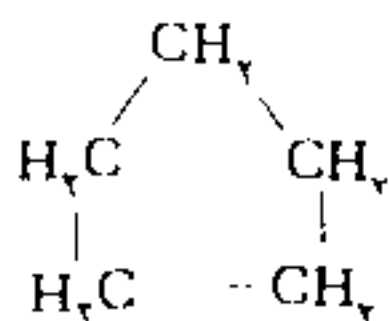
اینده کربنهای حلقوی سیر شده

قبلا دیدیم که ئیدرو کربنهای سیر نشده مونواتیلنی دارای فرمول عمومی C_nH_{2n} می باشند. در این ئیدرو کربنهای دو اتم کربن یک پیوند دو گانه موجود است و در نتیجه می توانند در واکنشهای افزایشی شرکت کنند (مثلاً محلول آب برم را در تاریکی بی رنگ نمایند). با وجود این، ئیدرو کربنهایی وجود دارند که مانند ئیدرو کربنهای مونواتیلنی دارای فرمول عمومی C_nH_{2n} می باشند ولی معمولاً نمی توانند رنگ برم را در تاریکی از بین ببرند. ناچار این ئیدرو کربنها را باید در ردیف ئیدرو کربنهای سیر شده (الکان) قرار داد ولی برای اینکه اصل چهار ظرفیتی بودن کربن و یک ظرفیتی بودن ئیدروژن رعایت شود به ناچار به این ئیدرو کربنها یک ساختمان حلقوی نسبت می دهیم. برای مثال ماده ای با فرمول مولکولی C_6H_{12} وجود دارد که با وجود آنکه فرمول مولکولی آن شبیه ئیدرو کربنهای مونواتیلنی می باشد ولی نمی تواند آب برم را در تاریکی بی رنگ کند. بنابراین فرمول گسترده آن را می توان به صورت زیر در نظر گرفت. این ئیدرو کربن به خاطر آنکه شش کربنی و سیر شده است می تواند نام هگزان به خود بگیرد. از طرفی چون ساختمان حلقوی دارد کلمه «سیکلو» به اول نام آن اضافه می شود و در نتیجه نام آن «سیکلو هگزان» خواهد بود.

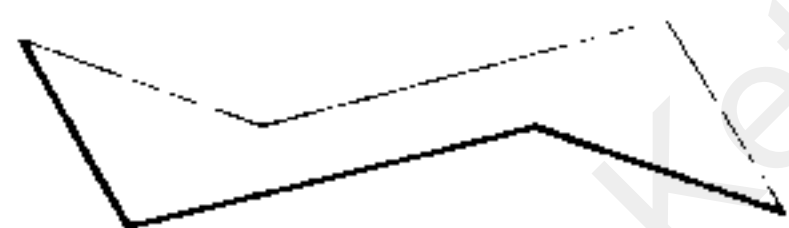


اعضای ساده ترین خانواده سیکلوپان C_3H_6 ، سیکلوپنتان C_5H_{10} و سیکلو هگزان C_6H_{12}

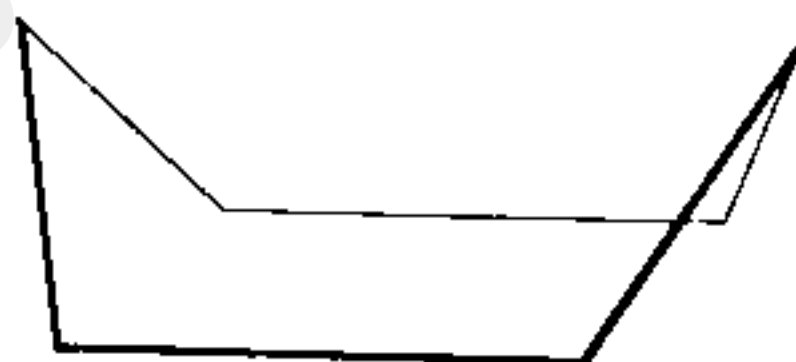
نام دارند که فرمول گسترده آنها را می توان به صورت زیر نوشت :



به طور کلی ایدروکربنهای این خانواده را می توان «سیکلو آلکان» نامید .
 به طوری که فرمول گسترده سیکلو هگزان نشان می دهد، در این ایدروکربن، شش اتم کربن با پیوندهای ساده به یکدیگر متصل شده و در نتیجه یک شش ضلعی منتظم پدید آورده اند که طبیعتاً هر یک از زوایای آن باید برابر 120° باشد. از طرفی چون سیکلو هگزان یک ایدروکربن سیر شده است، همان طوری که فرمول گسترده آن نشان می دهد، هر یک از اتمهای کربن در آن با چهار اتم دیگر پیوند دارد و بنابراین هیبریداسیون اتمهای کربن می بایستی از نوع sp^2 باشد. می دانیم که زوایای پیوندی در هیبرید sp^2 برابر 120° است. این مطلب با شکل نسبت داده شده به سیکلو هگزان سازگار نیست. دانشمندان برای رفع این اشکال، مولکول سیکلو هگزان را به صورت یک حلقه شش گوشه که در قسمتهایی از آن حالت خمیدگی به وجود آمده است در نظر گرفته اند. برای این حالت خمیده دو امکان مختلف در شکل زیر نشان داده شده است.



صندلی



قایق

این دو نوع سیکلو هگزان به سرعت به یکدیگر تبدیل می شوند و بنابراین بین آنها یک حالت تعادل به وجود می آید و لسی شکل صندلی به خاطر آنکه اتمهای ایدروژن حداکثر فاصله ممکن را از یکدیگر پیدا می کنند از شکل قایق پایدارتر است.

بیشتر خواص سیکلو آلکانها شبیه خواص ایدروکربنهای سیر شده زنجیری است.

بنزن

بنزن مایعی است بی رنگ، فرار با بوی نافذ که در مایعات حاصل از تقطیر زغال سنگ وجود دارد. این ماده اهمیت بسزایی در صنایع داروسازی، رنگداری، عطرسازی، مواد منفجره و پلاستیکها دارد.

تحقیق برای تعیین فرمول مولکولی بنزن - برای رسیدن به فرمولی که توجیه کننده خواص گوناگون يك ماده باشد، باید مراحل مختلفی را طی کرد. دانشمندان برای رسیدن به فرمول بنزن مراحل گوناگونی را طی کرده اند که در زیر نمونه ای از آن را می آوریم.

۱- تعیین نوع عنصرهای تشکیل دهنده بنزن - از سوختن مقدار کمی بنزن گازهایی حاصل می شود که می تواند آب آهک را شیری رنگ کند و سولفات مس (II) بی آب و سفید رنگ را به رنگ آبی در آورد. بنابراین نتیجه می گیریم که در این گازها، دی اکسید کربن و بخار آب وجود دارد که از سوختن کربن و هیدروژن موجود در بنزن پدید آمده اند.

۲- تعیین مقدار عنصرها در مقدار معینی بنزن - برای این منظور آزمایشهای مختلفی انجام شده است. که در زیر گزارش ساده نمونه ای از آن را ذکر می کنیم.

از سوختن ۰/۳۹ گرم بنزن، ۱/۳۲ گرم دی اکسید کربن و ۰/۲۷ گرم آب تولید شده است. با استفاده از این آزمایش به آسانی می توان مقدار کربن و هیدروژن موجود در ۰/۳۹ گرم بنزن را محاسبه کرد: می دانیم که اگر ۱۲ گرم کربن بسوزد، ۴۴ گرم دی اکسید کربن تولید می کند.

پس ۱/۳۲ گرم دی اکسید کربن از سوختن $\frac{12 \times 1/32}{44}$ یعنی ۰/۳۶ گرم کربن حاصل شده است.

همچنین از سوختن ۲ گرم هیدروژن، ۱۸ گرم آب به دست می آید. پس برای تولید ۰/۲۷ گرم آب،

$\frac{2 \times 0/27}{18}$ یعنی ۰/۰۳ گرم هیدروژن مصرف شده است. بنابراین در ۰/۳۹ گرم بنزن، ۰/۳۶

گرم کربن و ۰/۰۳ گرم هیدروژن وجود دارد که چون مجموع وزن این دو عنصر در نمونه داده شده نیز برابر ۰/۳۹ گرم می شود نتیجه می گیریم که در بنزن بجز کربن و هیدروژن عنصر دیگری موجود نیست.

۳- تعیین فرمول ساده (تجربی) بنزن - دیدیم که در بنزن در مقابل ۰/۳۶ گرم کربن، ۰/۰۳

گرم هیدروژن وجود دارد. ۰/۳۶ گرم کربن معادل $\frac{0/36}{12}$ یعنی ۰/۰۳ اتم گرم کربن و ۰/۰۳ گرم

هیدروژن برابر $\frac{0/03}{1}$ یعنی ۰/۰۳ اتم گرم هیدروژن است. پس در بنزن در مقابل هر ۰/۰۳ اتم

کربن، ۰/۰۳ اتم هیدروژن وجود دارد به عبارت دیگر این دو عنصر به نسبت اتمی مساوی بایکدیگر ترکیب شده اند و فرمول تجربی بنزن می تواند به صورت CH نوشته شود.

۴- تعیین جرم مولکولی و فرمول مولکولی بنزن - آزمایش نشان می دهد که چگالی به حالت

بخار بنزن نسبت به هوا برابر ۲/۶۹ می باشد. می دانید که برای تعیین چگالی گازها می توان جرم

۱- Empirical Formula

مولکولی آنها را بر ۲۹ تقسیم کرد $(d = \frac{M}{29})$. در ئیدروکربنهای سیر شده دیدید که با استفاده از این فرمول و با در دست داشتن چگالی می توان جرم مولکولی را محاسبه کرد $(M = 29 d)$. در مورد بنزن می توان نوشت :

$$M = 29 \times 2.69 \approx 78 \quad \boxed{M = 78}$$

و با استفاده از فرمول ساده بنزن می توان نوشت :

$$(CH)_n = 78 \rightarrow 12n = 78 \quad n = 6$$

بنابراین فرمول مولکولی بنزن $(CH)_6$ یا C_6H_6 خواهد شد .

برای هر يك از مراحل بالا در قدیم روشهای مشخص و دستگاههای مناسبی وجود داشته است که امروزه چون در آزمایشگاهها مورد استفاده نیست از ذکر جزئیات آنها خودداری شده است.

بررسی هایی برای رسیدن به فرمول ساختمانی بنزن - پیدا کردن فرمول ساختمانی مناسبی برای بنزن که بتواند خواص آنرا توجیه کند، مستلزم آن است که اطلاعاتی درباره خواص آن بدست آوریم :

الف - ئیدروژناسیون بنزن - آزمایشهای مختلف نشان می دهد که در شرایط مناسب بنزن

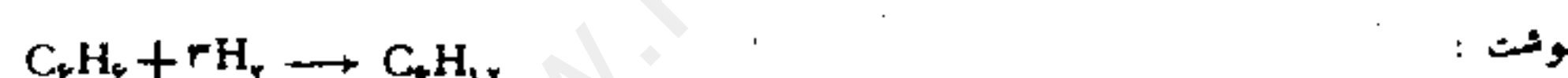
می تواند با ئیدروژن ترکیبهای افزایشی تولید کند. آخرین محصولی که در این مورد به دست می آید

ماده ای حلقوی به فرمول C_6H_{12} است که با آن آشنا هستید و نام سیکلو هگزان را به آن اطلاق

کردید. چون بنزن در واکنش افزایشی شرکت می کند، پس می توان آن را يك ئیدروکربن سیر نشده

دانست. از سوی دیگر چون از ترکیب آن با ئیدروژن يك ترکیب حلقوی تولید می شود، پس خود

تیز باید دارای ساختمان حلقوی باشد. واکنش ئیدروژناسیون آن را می توان به صورت زیر



چنانکه ملاحظه می شود هر مولکول بنزن با سه مولکول ئیدروژن سیر می شود. پس می توان

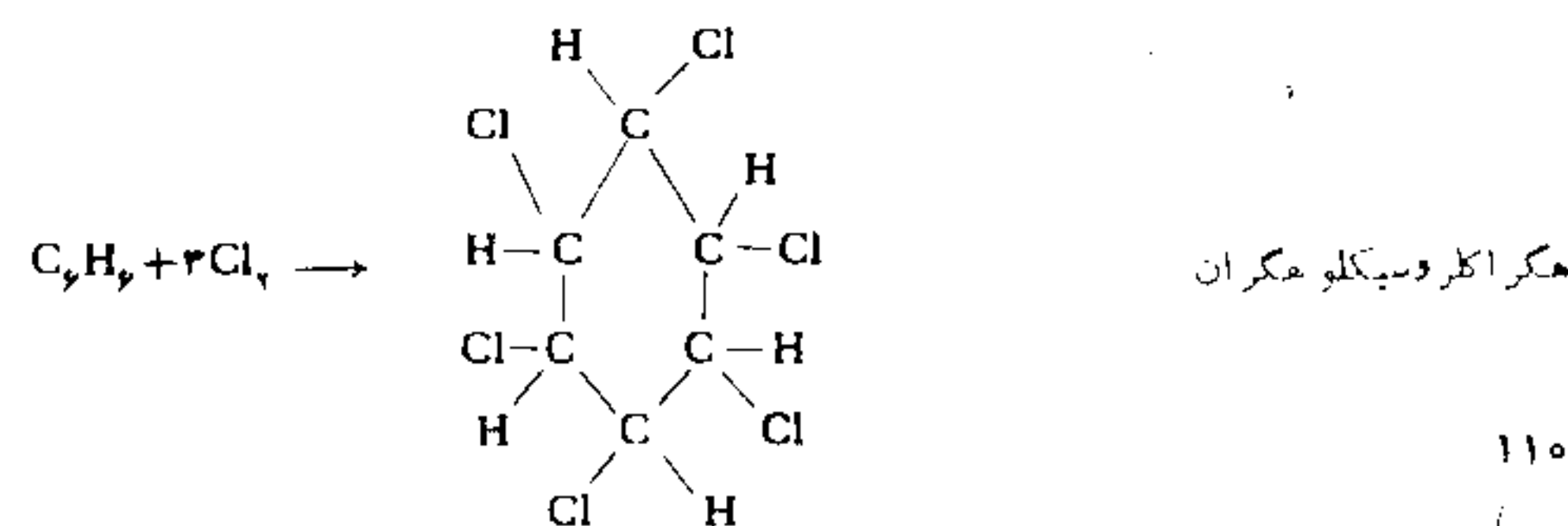
پیشگویی کرد که در ساختمان آن سه پیوند دو گانه یا يك پیوند سه گانه همراه با يك پیوند دو گانه

وجود دارد .

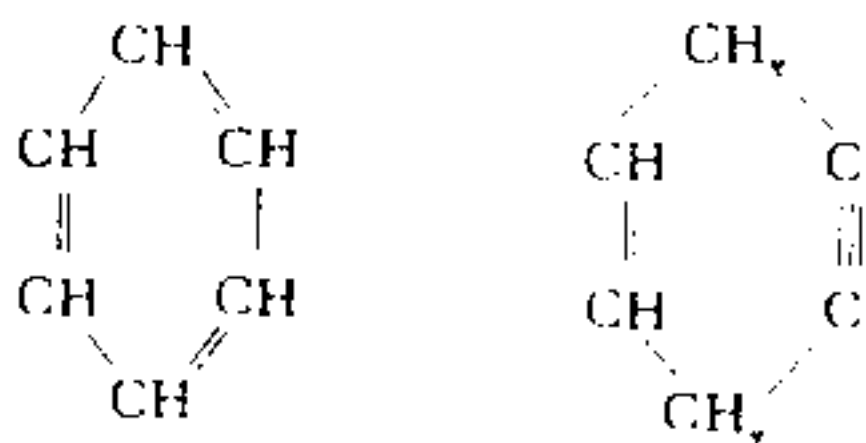
ب - واکنش افزایشی بنزن با کلسیم - در شرایط مناسب هر مولکول بنزن جدا کلسیم با سه مولکول

کلسیم می شود. آزمایش و تحقیق نشان می دهد که عملاً روی هر اتم کربن يك اتم ئیدروژن و يك اتم کلسیم قرار

دارد. معادله واکنش را می توان به صورت زیر نوشت :



این واکنش نشان می‌دهد که در مولکول بنزن باید سه پیوند دوگانه وجود داشته باشد که به‌طور یک درمیان قرار گرفته‌اند و به دنبال باز شدن هر پیوند π ، دو اتم کلر در روی کربن‌هایی که پیوند دوگانه داشته‌اند قرار می‌گیرند. در حالی که اگر یک پیوند سه‌گانه و یک پیوند دوگانه وجود می‌داشت، روی برخی از کربن‌ها می‌بایستی دو اتم کلر وجود داشته باشد و روی برخی دیگر کلر قرار گرفته باشد. چرا؟ فرمول‌های پیشنهادی بالا را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:



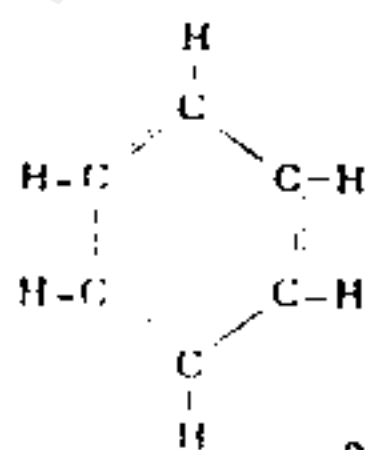
سترین - واکنش افزایشی ترکیب‌های بالا را با کلر بنویسید و محصولات عمل را مقایسه کنید.



ککوله

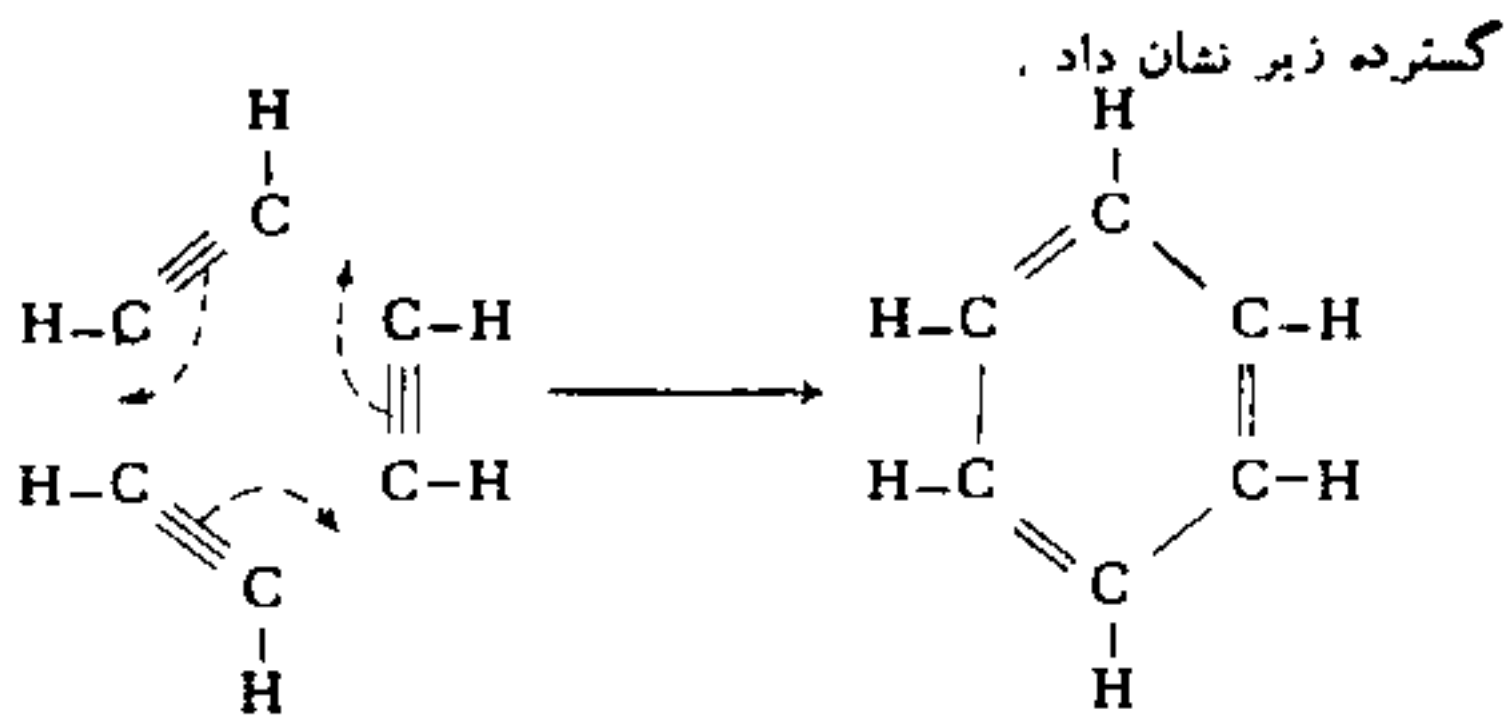
ککوله^۱ در سال ۱۸۶۵ بر اساس این آزمایش‌ها و همچنین تحقیقات فراوان دیگر، فرمول

زیر را برای بنزن پیشنهاد کرد:



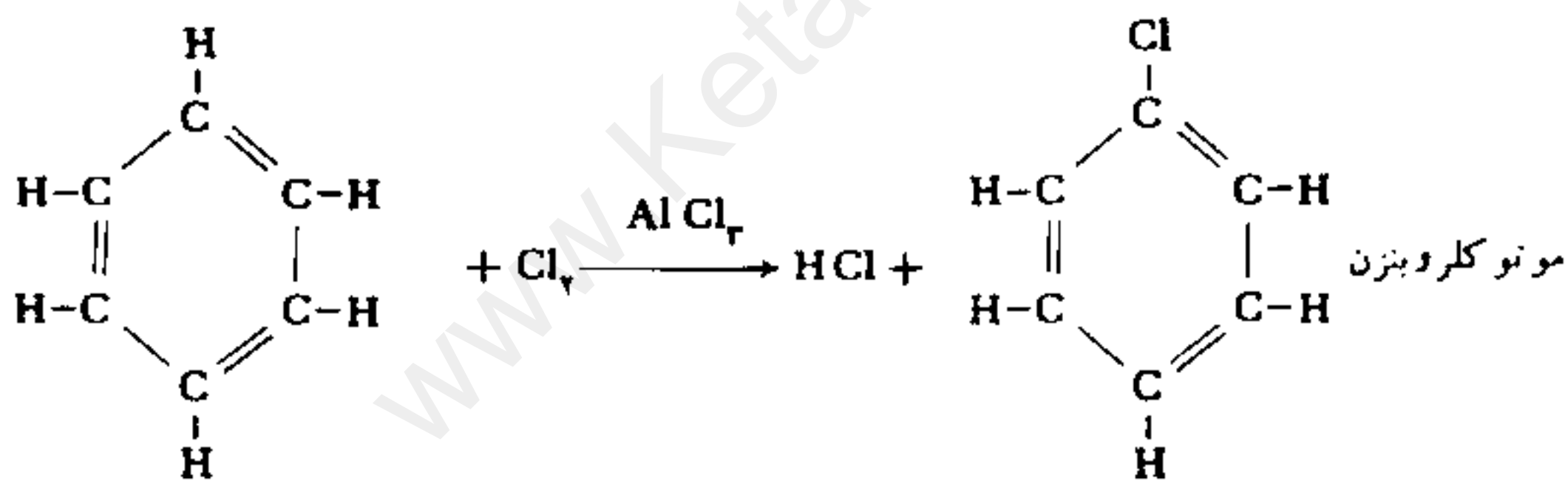
فرمول بنزن

نهیته بنزن از استیلن - به‌یاد دارید که از ترکیب بنزن با استیلن در شرایط مناسب، بنزن نهید می‌شود. می‌دانید که این واکنش یک واکنش افزایشی است. معادله آن را می‌توان به‌صورت



این آزمایش نیز وجود سه پیوند دو گانه يك درمیان را درمولکول بنزن تأیید می کند . ولی آزمایشهای گوناگون و بررسیهای مختلف نشان داده است که طول پیوندهای C - C درمولکول بنزن یکسان و برابر ۱/۳۹ انگستروم می باشد که نه با پیوند ساده مطابقت دارد نه با پیوند دو گانه .

ت - واکنش جانشینی کلر با بنزن - آزمایش نشان می دهد که بنزن درمجاورت کلرید آلومینیم به آسانی با کلر ماده ای به فرمول C_6H_5-Cl تولید می نماید که در آن يك اتم کلر جانشین يك اتم نیدروژن شده است . این ماده مونوکلروبنزن یا کلرید فنیل نام دارد . معادله واکنش را با فرمولهای گسترده می توان به صورت زیر نوشت :



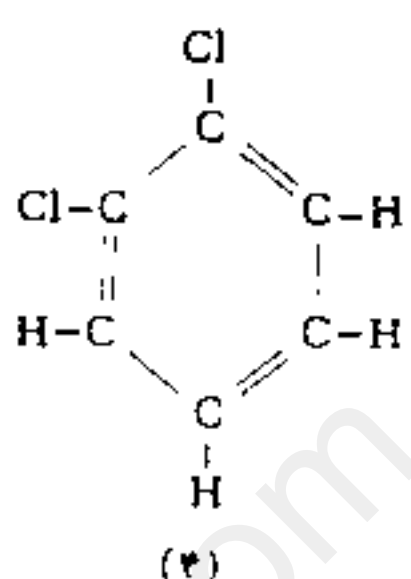
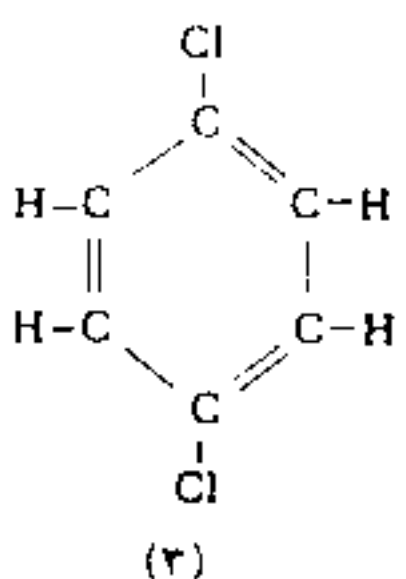
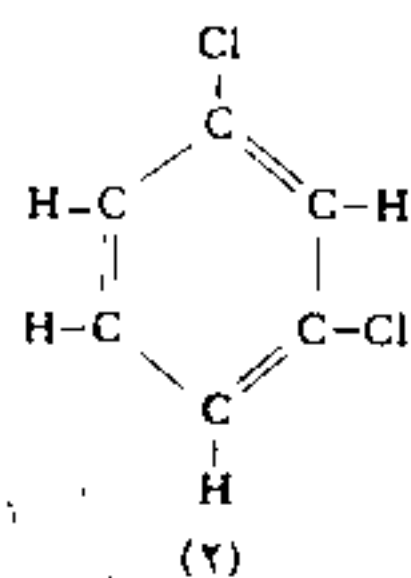
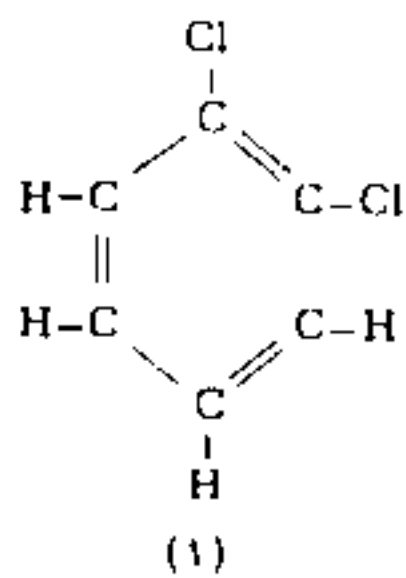
کلرو بنزن در تهیه رنگها مصرف می شود

به طوری که ملاحظه می شود، برای مونوکلروبنزن يك ایزومر بیشتر نمی توان نوشت . عملاً نیز فقط يك مونوکلروبنزن شناخته شده است . در اثر ادامه این عمل، يك اتم کلر دیگر جانشین يك اتم نیدروژن می شود و دی کلروبنزن $C_6H_4Cl_2$ به دست می آید. با در نظر گرفتن فرمول گسترده پیشنهادی ککوله می توان گسترده های صفحه بعد را برای دی کلروبنزن پیشنهاد کرد :

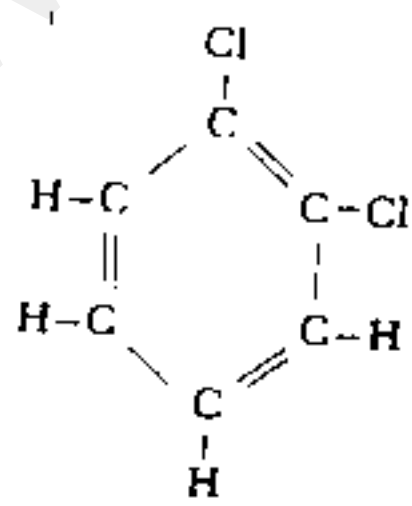
۱ - بنیان C_6H_5 - بنیان فنیل (Phenyl) نامیده می شود .

۲ - با ادامه اثر کلر، C_6Cl_6 هگزا کلرو بنزن بدست می آید که مصرف عمده آن در تهیه

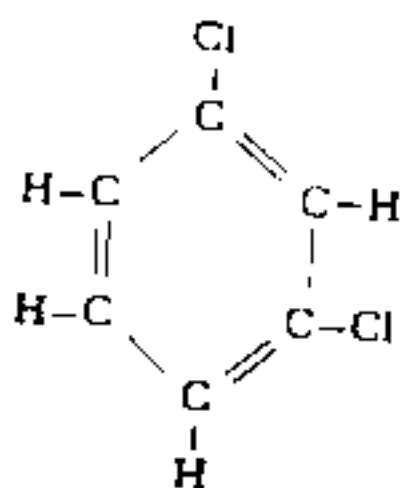
حشره کشها است.



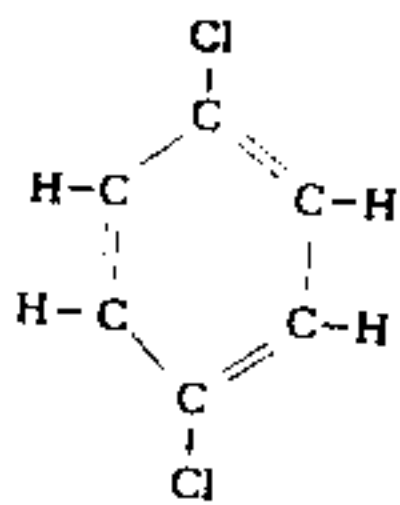
فرمولهای گسترده فوق وجود چهار ایزومر را پیش‌بینی می‌کند در صورتی که عملاً برای دی‌کلروبنزن سه ایزومر بیشتر وجود ندارد و ایزومرهای نشان داده شده با شماره‌های ۱ و ۴ در کلیه خواص مشابه یکدیگرند و فقط در روی کاغذ فرمول آنها با یکدیگر تفاوت دارد. برای نام‌گذاری این سه ایزومر می‌توان کربنها را شماره‌گذاری کرد و با استفاده از شماره‌های کربن، مشتقات دو استخلافی بنزن را نام‌گذاری کرد. ولی معمولاً این مشتقات را به صورت زیر نام‌گذاری می‌کنند. اگر دو استخلاف انجام شده روی دو کربن مجاور باشد، قبل از نام ترکیب کلمه ارتو (ortho) و اگر یک کربن بین آنها فاصله باشد کلمه متا (meta) و اگر در مقابل یکدیگر باشند کلمه پارا (para) به کار می‌برند. بنابراین ایزومرهای دی‌کلروبنزن به این صورت نام‌گذاری می‌شوند:



ارتو دی‌کلروبنزن

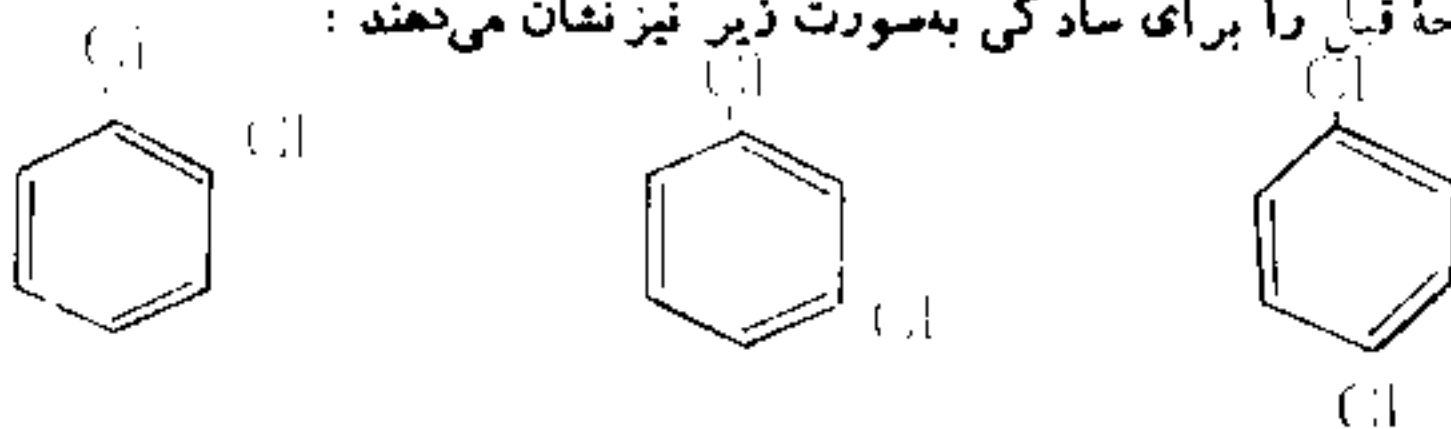


متا دی‌کلروبنزن

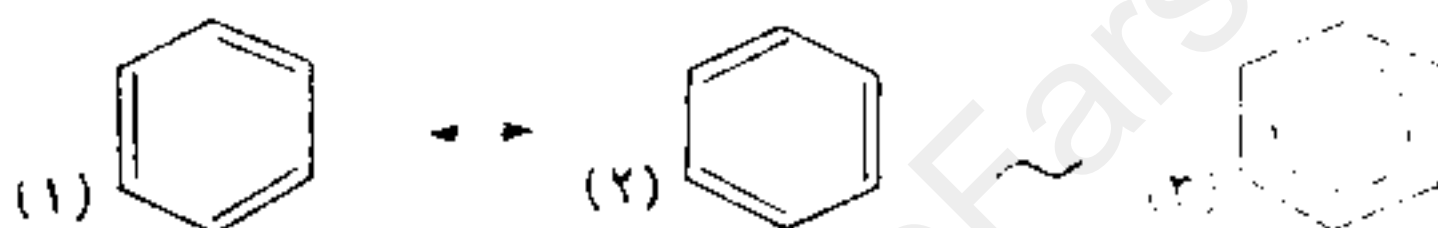


پارا دی‌کلروبنزن

فرمولهای صفحه قبل را برای سادگی به صورت زیر نیز نشان می دهند :



دانشمندان برای توجیه علت یکسان بودن فرمولهای ۱ و ۲ (یعنی ارتو دی کلرو بنزن) چنین تصور کرده اند که فرمول گسترده بنزن، حالتی بین فرمولهای ۱ و ۲ (شکلهای زیر) است و در هیچ لحظه ای نمی توان حالت پایداری برای بنزن در نظر گرفت که با یکی از شکلهای ۱ و ۲ مطابقت داشته باشد. به طور کلی هر گاه برای یک ترکیب بتوان چند فرمول مختلف روی کاغذ آورد که با قواعد فرمول نویسی مطابقت داشته باشد ولی هیچکدام از فرمولها به تنهایی با خواص واقعی ماده مطابقت نکند، دانشمندان نوعی فرمول را در نظر می گیرند که در بردارنده ویژگیهای همه فرمولهای ممکن باشد. مثلاً در مورد بنزن فرمول ۳ را به فرمولهای ۱ و ۲ ترجیح می دهند. حالتهای فرمولی ممکن را اصطلاحاً شکلهای رزونانس (Resonance Forms) می نامند.



به چنین فرمولی اصطلاحاً هیبرید رزونانس، اطلاق می شود. در این گونه موارد، سطح انرژی هیبرید رزونانس از هر یک از دو حالت دیگر پائینتر و در نتیجه مولکول پایدارتر است. به کار بردن علامت \longleftrightarrow بین این دو فرمول به خاطر آن است که با حالت تعادل که در آن هر دو ترکیب در آن واحد وجود دارند اشتباه نشود.

هر گاه فرض بسالاً در مورد وجود هیبرید رزونانسی که دارای سطح انرژی پائینتری است صحیح باشد، انتظار می رود که سطح انرژی بنزن از ترکیبی که دارای سه پیوند دو گانه است پائینتر باشد. برای امتحان این پیش بینی، می دروز ناسیون چند ماده دارای پیوند دو گانه را که ساختمان حلقوی دارند بررسی می کنیم :

بررسی واکنش نیدروژناسیون بنزن از دیدگاه انرژی

واکنش افزایشی نیدروژن با نیدروکربنهای سیر نشده انرژی زا است. مثلاً از واکنش افزایشی یک مول نیدروژن با یک مول سیکلو هگزن (C_6H_8) معادل $28/6$ کیلو کالری گرماتولید می شود:

