

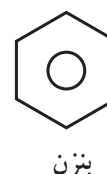
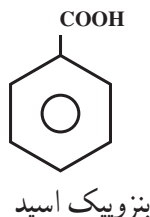
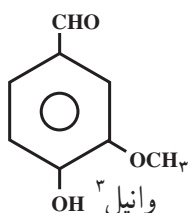
هیدروکربن‌های آروماتیک

هدف‌های رفتاری فصل (۶): دانش‌آموز، پس از آموختن مفاهیم و روش‌های این فصل، باید بتواند:

- ۱- ترکیب‌های آروماتیک را تعریف کند.
- ۲- ساختار ویژه بنزن و علت ثابت نبودن موضع پیوندهای π را در آن توضیح دهد.
- ۳- برخی مشتق‌های ساده‌ی بنزن را نام‌گذاری کند.
- ۴- عدم تمایل بنزن و سایر هیدروکربن‌های آروماتیک را برای شرکت در واکنش‌های افزایشی، علی‌رغم سیر نشده بودن آن‌ها، توضیح دهد.
- ۵- تمایل بیشتر بنزن را برای شرکت در واکنش‌های جانشینی الکترون‌دوستی و اهمیت این واکنش‌ها را در سنتز مواد آلی مهم دیگر، بیان کند.
- ۶- در مورد اهمیت هیدروکربن‌های آروماتیک در زندگی روزمره و در صنعت توضیح دهد.
- ۷- چند نمونه از هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه را بشناسد و از خطر سرطان‌زا بودن آن‌ها آگاه باشد.

۱-۶- پیشگفتار

در گذشته، گروهی از مردم تصور می‌کردند که شست و شوی زیاد بدن برای سلامتی زیان‌آور است. از این رو ثروتمندان برای پوشاندن بوی نامطبوع بدن خود از روغن‌ها و اسانس‌های «معطر» که بیشتر از منابع گیاهی استخراج می‌شدند، استفاده می‌کردند. این مواد را، به خاطر بوی مطبوع و پایداری که داشتند، «آروماتیک»^۱ نامیدند^۲. برای مثال، یکی از این اسانس‌های معطر، از دانه‌های خرد شده‌ی وانیل به‌دست می‌آمد. ساختار وانیل را می‌توان به کمک چند واکنش شیمیایی به ساختار ترکیبی دیگر، موسوم به بنزوئیک اسید ربط داد. ساختار این ترکیب به نوبه‌خود با ساختار ترکیب ساده‌تری به نام بنزن در ارتباط است. از این رو، بنزن و مشتق‌های آن را ترکیب‌های آروماتیک نام‌گذاری کردند.



۱- Aromatic

۲- کلمه آروماتیک از واژه یونانی آروما (aroma) به معنی «معطر» گرفته شده است.

۳- این فرمول برای مقایسه آورده شده است. حفظ کردن آن ضرورت ندارد.

امروزه، واژه آروماتیک کاربرد گسترده‌تری پیدا کرده است. به‌طور کلی، ترکیب‌هایی را که از نظر خواص مانند بنزن رفتار می‌کنند، حتی اگر بوی نامطبوعی داشته باشند، ترکیب آروماتیک به‌شمار می‌آورند.

۲-۶- ساختار بنزن

هیدروکربنی را که امروزه با نام بنزن می‌شناسیم، برای نخستین بار، در سال ۱۸۵۲ به‌وسیله‌ی مایکل فاراده^۱، دانشمند انگلیسی، از مایع روغنی شکل باقی‌مانده در استوانه‌های فولادی، پر شده با گاز روشنایی، به‌دست آمد. فاراده، نشان داد که این ترکیب فقط از کربن و هیدروژن تشکیل شده و شمار اتم‌های کربن در آن با شمار اتم‌های هیدروژن برابر است.

در سال ۱۸۳۴، میچرلیخ^۲ با اندازه‌گیری چگالی بخار بنزن، برای آن، فرمول مولکولی C_6H_6 را پیشنهاد کرد. در سال‌های بعد، معلوم شد که بنزن سنگ‌زیرین بنای بسیاری از ترکیب‌های آلی است.

یک آلکان شش کربنی (هگزان)، دارای فرمول مولکولی C_6H_{14} است. بنابراین، بنزن با فرمول مولکولی C_6H_6 ، یک هیدروکربن سیرنشده به‌شمار می‌آید و باید در مولکول خود چند پیوند دوگانه یا سه‌گانه داشته باشد.

از طرف دیگر، همان‌طور که پیش از این دیدید، ترکیب‌هایی که دارای پیوندهای دوگانه یا سه‌گانه‌اند، در برابر بسیاری از واکنش‌گرها، فعالیت شدیدی از خود نشان می‌دهند. برای مثال، آلکن‌ها (هیدروکربن‌های اتیلنی) و آلکین‌ها (هیدروکربن‌های استیلنی)، محلول قرمز رنگ برم در کربن تتراکلرید را در تاریکی بی‌رنگ می‌کنند و رنگ محلول پتاسیم پرمنگنات را از بین می‌برند. اما بنزن چنین خواصی از خود ظاهر نمی‌سازد. حتی سولفوریک اسید غلیظ در سرما بر آن تأثیر نمی‌گذارد. این ویژگی‌ها نمی‌تواند با ساختارهایی مانند I یا II سازگار باشد.



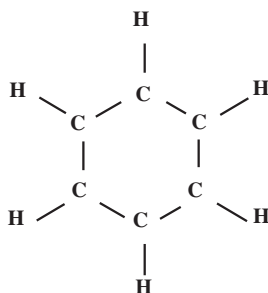
II

I

همان‌طور که در بالا اشاره شد، بنزن دارای فرمول مولکولی C_6H_6 است. یعنی در مولکول خود، شش اتم کربن و شش اتم هیدروژن دارد. پرسشی که مطرح می‌شود این است: این اتم‌ها چگونه به‌یکدیگر متصل شده‌اند؟ شیمی‌دان‌های قرن نوزدهم، برای تعیین ساختار مولکولی بنزن، کوشش‌های فراوانی به‌عمل آوردند، ولی معمای ساختار بنزن به مدت ۴۰ سال هم‌چنان حل نشده باقی بود تا این‌که در سال ۱۸۵۶، ککوله^۳ یک ساختار شش ضلعی منتظم برای آن پیشنهاد کرد.

در ساختار پیشنهادی ککوله، شش اتم کربن در گوشه‌های یک شش ضلعی منتظم قرار می‌گیرند و هر کربن با یک هیدروژن پیوند

دارد.



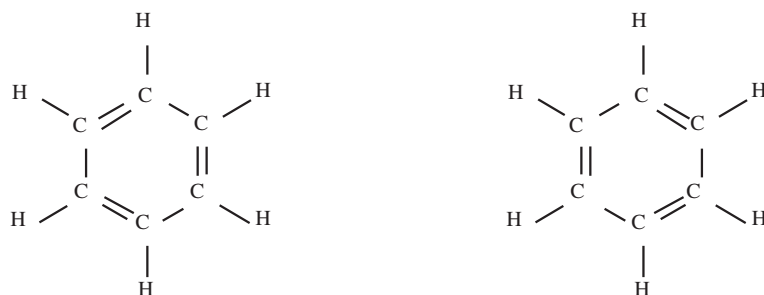
ساختار شش ضلعی منتظم پیشنهادی ککوله برای بنزن

^۱ Michael Faraday

^۲ Mitscherlich

^۳ Fredreich Kekulé

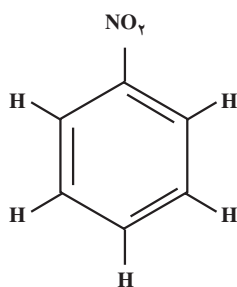
اما، این ساختار شش ضلعی، اصل چهار ظرفیتی بودن کربن را که به وسیله ی خود ککوله عنوان شده بود، زیر پا می گذاشت. برای تأمین ظرفیت چهارم اتم های کربن، ککوله آن ها را به طور یک در میان با پیوندهای ساده و دوگانه به یکدیگر متصل کرد. به این ترتیب، ساختارهای زیر به دست آمدند که ما آن ها را فرمول های ککوله می نامیم.



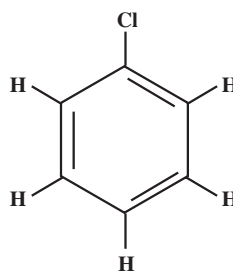
ساختار بنزن با توجه به چهار ظرفیتی بودن کربن (فرمول های ککوله)

ساختار پیشنهادی ککوله برای بنزن، به وسیله ی سایر دانشمندان به طور گسترده پذیرفته شد و هنوز هم از آن استفاده می شود. با وجود این، برخی از واقعیت های تجربی با این ساختار سازگاری نشان نمی دهند. ما این واقعیت ها را در زیر، مورد توجه قرار می دهیم.

مشتق یک استخلافی بنزن تنها یک ایزومر دارد: وقتی در مولکول بنزن، یکی از اتم های هیدروژن را با یک اتم برم جانشین می کنیم، فقط یک نوع مونوبرموبنزن، C_6H_5Br ، به دست می آید. به همین ترتیب، فقط یک نوع مونوکلروبنزن، C_6H_5Cl ، یا یک نوع مونونیتروبنزن، $C_6H_5NO_2$ ، می شناسیم:



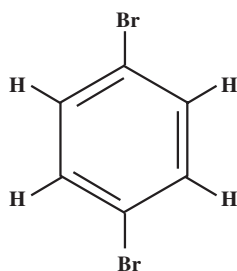
مونونیترو بنزن



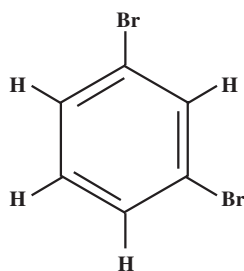
مونوکلرو بنزن

بنابراین، همه ی هیدروژن ها باید هم ارز باشند. زیرا جایگزین کردن هریک از آن ها فرآورده ی یکسانی به وجود می آورد. این واقعیت تجربی با فرمول پیشنهادی ککوله سازگار است.

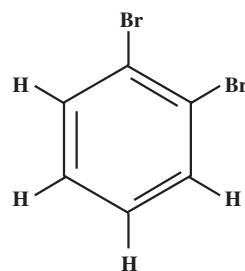
مشتق دو استخلافی بنزن تنها سه ایزومر دارد: تاکنون فقط سه نوع دی برموبنزن ایزومر، $C_6H_4Br_2$ ، سه نوع کلرونیتروبنزن، $C_6H_4ClNO_2$ و غیره به دست آمده است. این واقعیت تجربی باز هم محدودیت بیشتری برای ساختار بنزن ایجاد می کند. در نظر اول، این واقعیت تجربی را نیز با ساختار پیشنهادی ککوله سازگار می بینیم؛ یعنی می توانیم سه مشتق دی برموبنزن، با ساختارهای نشان داده شده در زیر رسم کنیم (در صفحه های آینده با قواعد نام گذاری این ترکیب ها آشنا خواهید شد).



۱، ۴-دی‌بروموبنزن

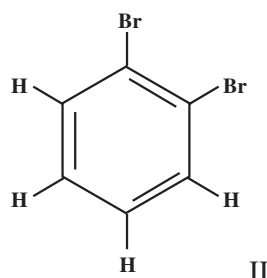
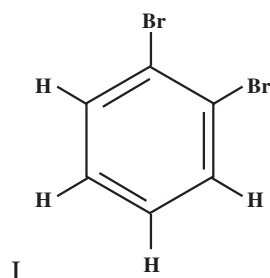


۱، ۳-دی‌بروموبنزن



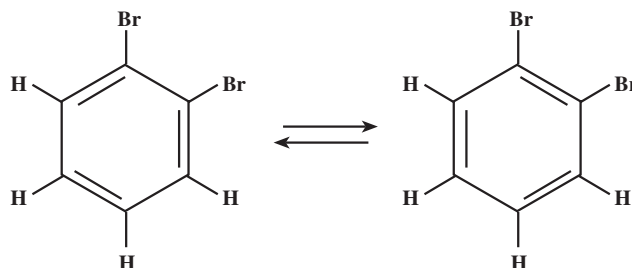
۱، ۲-دی‌بروموبنزن

اما، وقتی بیشتر دقت می‌کنیم، در می‌یابیم که برای ۱، ۲-دی‌بروموبنزن باید دو ایزومر زیر با ساختارهای کمی متفاوت وجود داشته باشند :



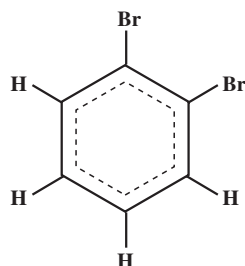
این دو ساختار، در موضع اتصال اتم‌های برم به اتم‌های کربن حلقه تفاوت دارند. در ایزومر I، اتم‌های برم بر روی کربن‌هایی جایگزین شده‌اند که با پیوند یگانه با یکدیگر اتصال دارند. در ایزومر II، اتم‌های برم بر روی کربن‌هایی مستقر شده‌اند که با پیوند دوگانه به یکدیگر متصل‌اند.

برای برطرف کردن این مشکل، ککوله مولکول بنزن را مجموعه‌ای از دو ساختار زیر توصیف کرد که با سرعت به یکدیگر تبدیل می‌شوند. به عبارت دیگر، پیوندهای دوگانه، پیوسته جای خود را عوض می‌کنند و مکان ثابتی ندارند.

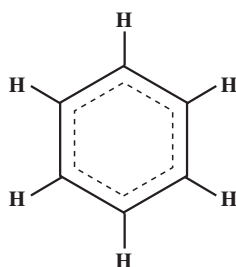


با این فرض، ایزومرهای I و II دی‌بروموبنزن، خواهند توانست با سرعت به یکدیگر تبدیل شوند و عملاً، تنها یک نوع ۱، ۲-دی‌بروموبنزن وجود خواهد داشت.

به عبارت دیگر، پیوندهای کربن-کربن، در مولکول بنزن را می‌توانیم میانگین دو نوع پیوند یگانه و دوگانه، یعنی یک و نیم پیوند به شمار آوریم و آن‌ها را در مولکول ۱، ۲-دی‌بروموبنزن به صورت زیر نمایش دهیم :

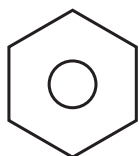


به این ترتیب، برای ۱، ۲-دی برموبنزن، تنها یک ایزومر امکان پذیر است که با واقعیت مطابقت دارد. امروزه، پیوند چهارم اتم های کربن را که برای شیمی دان های قرن نوزدهم آن همه گرفتاری فراهم کرده بود، نوعی پیوند π در نظر می گیرند که چگالی ابر الکترونی آن به طور یکسان بین همه ی اتم های کربن توزیع شده است. به این ترتیب، ساختار مولکولی بنزن را می توانیم به صورت زیر نمایش دهیم:

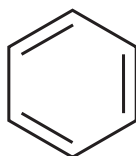


در واقع، به جای آن که پیوندهای موجود بین اتم های کربن را در مولکول بنزن به طور یک در میان، یگانه و دوگانه فرض کنیم، تمام پیوندهای کربن-کربن را هم ارز و حدّ واسط بین یک پیوند یگانه و یک پیوند دوگانه (یک و نیم پیوند) در نظر می گیریم. این فرض، با واقعیت های تجربی سازگار است. بررسی بلورهای بنزن به وسیله ی پرتوهای ایکس، نشان می دهد که بنزن دارای ساختاریک شش ضلعی منتظم است. طول تمام پیوندهای کربن-کربن در آن، برابر 1.4 \AA ، یعنی حدّ واسط بین طول پیوندهای یگانه کربن-کربن (1.54 \AA) و طول پیوندهای دوگانه کربن-کربن (1.34 \AA) است. افزون بر این، زوایای پیوندی $\text{H}-\text{C}-\text{C}$ و $\text{C}-\text{C}-\text{C}$ برابر 120° اندازه گیری شده اند.

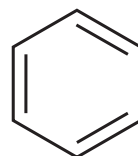
امروزه، برای ساده نویسی، توزیع یکنواخت الکترون های π را بین اتم های کربن در حلقه بنزن با یک دایره در داخل حلقه شش ضلعی منتظم نشان می دهند و اغلب از نوشتن اتم های کربن و اتم های هیدروژن صرف نظر می کنند.



فرمول دایره ای



یا

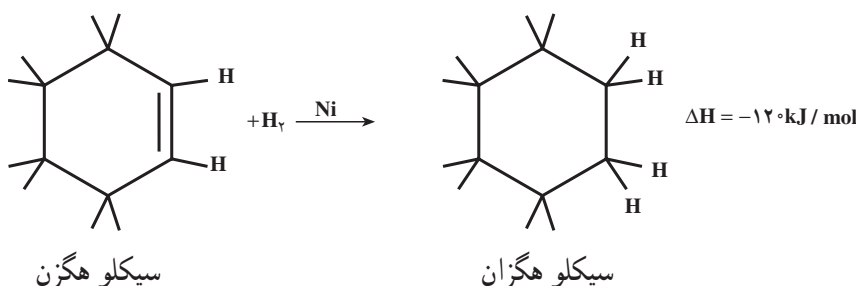


فرمول های ککوله

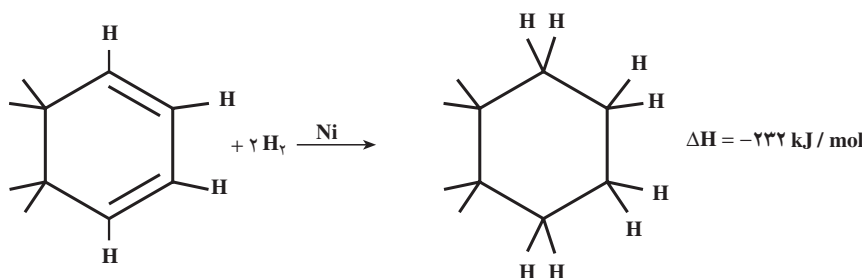
هریک از این فرمول ها، امتیازهایی مخصوص به خود دارند. ما در این فصل، بیشتر از فرمول های ککوله استفاده می کنیم.

۳-۶- گرمای هیدروژن دار شدن (هیدروژناسیون) بنزن

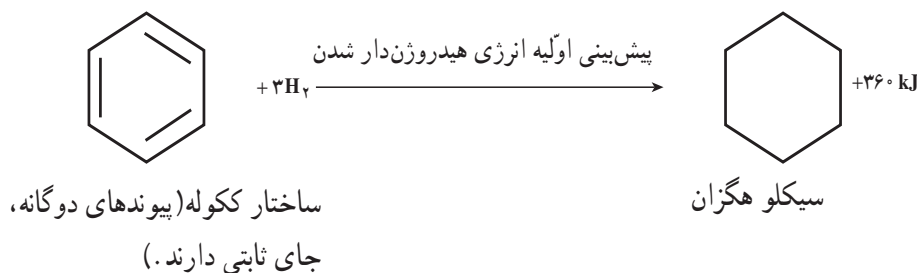
همان طور که دیدید، وقتی هیدروکربن های سیر نشده را در دمای معمولی، در حضور کاتالیزگر نیکل، با هیدروژن مجاور می کنیم، یک واکنش افزایشی صورت می گیرد و هیدروکربن های سیر شده به دست می آیند. این واکنش با آزاد شدن مقداری گرما همراه است. گرمای آزاد شده را گرمای هیدروژن دار شدن می نامند. گرمای هیدروژن دار شدن یک پیوند دوگانه تنها، مقداری تقریباً ثابت و در حدود 120°kJ/mol تا 125°kJ/mol کیلوژول است. برای مثال، در هیدروژن دار شدن سیکلو هگزن، 120°kJ/mol گرما آزاد می شود.

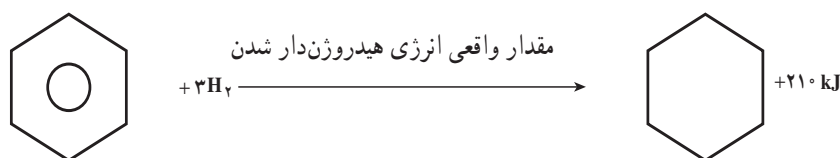


گرمای هیدروژن دار شدن، یک کمیت جمع پذیر است، یعنی گرمای هیدروژن دار شدن ترکیبی که دارای دو پیوند دوگانه است، دو برابر گرمای هیدروژن دار شدن ترکیبی است که تنها یک پیوند دوگانه دارد. به این ترتیب، پیش بینی می کنیم که گرمای هیدروژن دار شدن سیکلو هگزادیان دو برابر گرمای هیدروژن دار شدن سیکلو هگزن، یعنی $\Delta H = 2 \times -120 = -240^{\circ}\text{kJ/mol}$ باشد. گرمای هیدروژن دار شدن سیکلو هگزادیان، اندازه گیری شده از راه تجربی 232°kJ/mol است که به گرمای هیدروژن دار شدن پیش بینی شده نزدیک است.



به طور منطقی، انتظار داریم که گرمای هیدروژن دار شدن بنزن (که مطابق با فرمول ککوله، دارای سه پیوند دوگانه است) سه برابر گرمای هیدروژن دار شدن سیکلو هگزن، یعنی در حدود $3 \times -120 = -360^{\circ}\text{kJ/mol}$ باشد. ولی در عمل می بینیم که گرمای هیدروژن دار شدن اندازه گیری شده در مورد بنزن -21°kJ/mol ، یعنی به اندازه 15°kJ/mol کمتر از حد انتظار است.

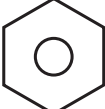
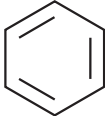




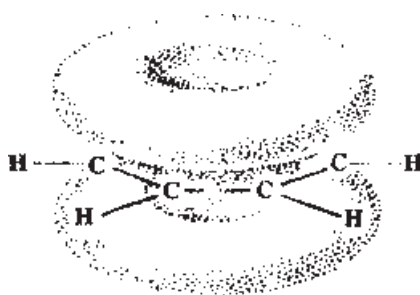
سیکلو هگزان

ساختار واقعی (پیوندهای دوگانه، جای ثابتی ندارند.)

چرا این تفاوت وجود دارد؟ می دانید که انرژی آزاد شده در یک واکنش شیمیایی را می توان تفاوت میان انرژی مواد اولیه و انرژی مواد حاصل به شمار آورد و چون انرژی تولید شده در حالت دوم، از مقدار انرژی پیش بینی شده کمتر است، پس باید قبول

کرد که سطح انرژی بنزن با فرمول  در حدود 150 kJ از مقدار مورد انتظار در فرمول ککوله  کمتر است.

به عبارت دیگر، هنگام تشکیل مولکول بنزن و رسیدن به فرمول واقعی آن، این مقدار انرژی نیز از دست رفته است و مولکول بنزن به سطح انرژی پایین تر و پایدارتر می رسد. از پیش می دانید که هرچه محتوای انرژی یک ترکیب کمتر باشد، پایدارتر است. همان طور که پیش از این اشاره کردیم، در مولکول واقعی بنزن، پیوندهای دوگانه، جای ثابت و معینی ندارند. پیوندهای دوگانه، متقابلاً بر یکدیگر تأثیر می گذارند و مجموعاً یک ابر الکترونی دایره ای شکل π تشکیل می دهند که در بالا و پایین سطح حلقه گسترده می شود و هر شش اتم کربن را در بر می گیرد (شکل ۶-۱).

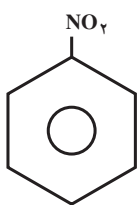


شکل ۶-۱- نمایش ابر الکترونی دایره ای شکل π در بالا و پایین سطح حلقه بنزن

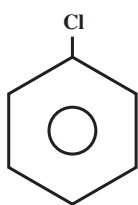
این آرایش الکترونی، فوق العاده پایدار است. به همین علت، بنزن برای شرکت در واکنش های افزایشی، که موجب از بین رفتن این آرایش الکترونی می شوند، تمایل چندانی از خود نشان نمی دهد. هیدروژن دار کردن بنزن، تنها در دماهای بالا و فشار زیاد امکان پذیر است.

۶-۴- نام گذاری مشتق های بنزن

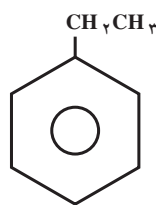
برای مطالعه ی واکنش های شیمیایی حلقه بنزن، باید با روش نام گذاری برخی از مشتق های آن آشنا باشیم. اگر یک یا چند اتم هیدروژن بنزن به وسیله ی اتم ها یا گروه های دیگر جانشین شده باشد، در روش نام گذاری آیوپاک، ترکیب مورد نظر را به عنوان مشتق بنزن نام گذاری می کنند. یعنی، ابتدا نام گروه استخلافی را می نویسند و سپس کلمه «بنزن» را به آن می افزایند. به مثال های زیر توجه کنید :



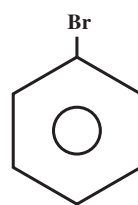
نیتروبنزن



کلروبنزن



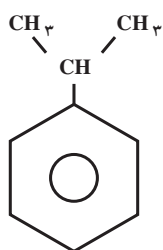
اتیل بنزن



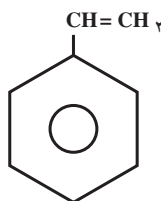
برموبنزن

همان طور که پیش از این دیدید، تمام هیدروژن های حلقه ی بنزن، هم ارز هستند. بنابراین، نیازی نیست که موضع گروه استخلافی را بر روی حلقه ی بنزن با شماره مشخص کنیم.

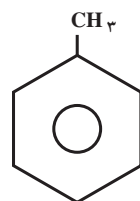
بعضی از مشتق های بنزن، نام های قدیمی خود را حفظ کرده اند. این نام ها هیچ گونه اطلاعی در مورد نوع گروه استخلافی و ساختار آن در اختیار نمی گذارند. اما، چون در کتاب های شیمی، اغلب از این نام ها استفاده می شود، باید با آن ها آشنا باشیم. برای مثال، نام آیوپاک و نام قدیمی چند مشتق بنزن در زیر آورده شده است :



ایزوپروپیل بنزن
کیومن^۲

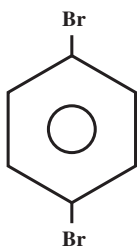


وینیل بنزن
استایرن^۱

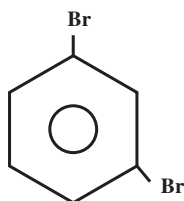


نام آیوپاک : متیل بنزن
نام قدیمی : تولوئن

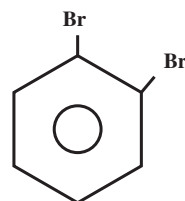
اگر دو اتم یا دو گروه استخلافی، جانشین دو هیدروژن حلقه بنزن شده باشند، افزون بر نام گروه ها، باید موضع نسبی هریک را نیز بر روی حلقه بنزن مشخص کنیم. پیش از این، با نام گذاری سه ایزومر دی برمو بنزن آشنا شدید.



۱، ۴ - دی برمو بنزن
(پارا - دی برمو بنزن)



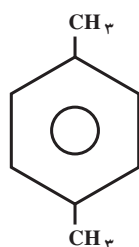
۱، ۳ - دی برمو بنزن
(متا - دی برمو بنزن)



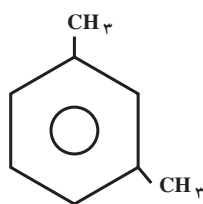
۱، ۲ - دی برمو بنزن
(ارتو - دی برمو بنزن)

همان طور که در بالا در داخل پراتز نشان داده شده است، برای تعیین مواضع نسبی اتم های برم، می توان از پیشوندهای ارتو - (به جای شماره های ۱، ۲ -)، متا - (به جای شماره های ۱، ۳ -) و پارا - (به جای شماره های ۱، ۴ -) استفاده کرد. به

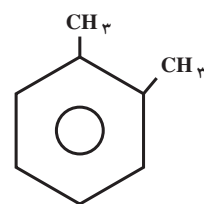
مثال‌های زیر توجه کنید :



۱، ۴-دی‌متیل‌بنزن
(پارا - زایلن)

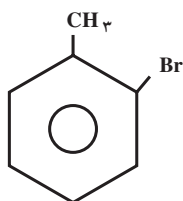


۱، ۳-دی‌متیل‌بنزن
(متا - زایلن)

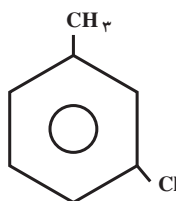


۱، ۲-دی‌متیل‌بنزن
نام آیوپاک : (ارتو - زایلن)
نام قدیمی :

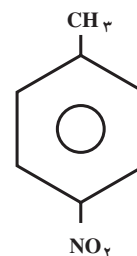
اگر یکی از دو گروه استخلافی گروهی باشد که وقتی بر روی حلقه بنزن قرار می‌گیرد، دارای نام قدیمی است، در این صورت، ترکیب مورد نظر را به عنوان مشتقی از این نام قدیمی نام‌گذاری می‌کنند. برای مثال، ترکیب‌های زیر به عنوان مشتق تولوئن (متیل‌بنزن) نام‌گذاری شده‌اند :



ارتو - برموتولوئن

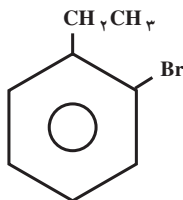


متا - کلروتولوئن

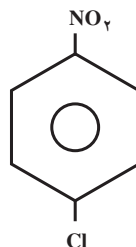


پارا - نیتروتولوئن

وقتی دو گروه متفاوت بر روی حلقه استخلاف شده باشند، شماره‌گذاری اتم‌های کربن حلقه از گروهی آغاز می‌شود که به ترتیب حروف الفبای لاتین دارای تقدّم باشد. نام گروه‌های استخلافی را نیز به ترتیب حروف الفبای لاتین می‌نویسیم. به مثال‌های زیر توجه کنید :



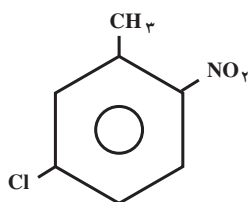
۱-برمو-۲-اتیل‌بنزن
(ارتو - برمو اتیل بنزن)



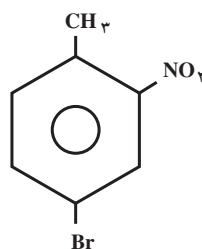
۱-کلرو-۴-نیتروبنزن
(پارا - کلرونیترو بنزن)

اگر بر روی حلقه بنزن، بیش از دو گروه استخلافی وجود داشته باشد، برای مشخص کردن مواضع نسبی آن‌ها، اتم‌های کربن حلقه را به گونه‌ای شماره می‌گذاریم که مجموع شماره‌های نسبت داده شده به گروه‌های استخلافی کوچک‌ترین مقدار باشد (البته

ترتیب حروف الفبای لاتین را نیز رعایت می کنیم) :



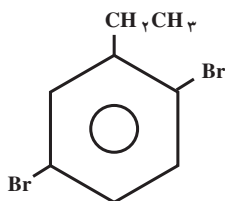
۵- کلرو-۲- نیترو تولوئن



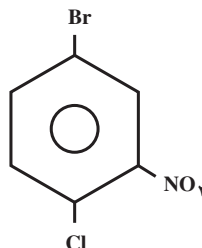
۴- برمو-۲- نیتروتولوئن

(این دو ترکیب، به عنوان مشتق تولوئن نام گذاری شده اند.)

تمرین ۱-۶: نام ترکیب های زیر را به روش آیوپاک بنویسید.



(ب)



(الف)

تمرین ۲-۶: فرمول های ساختاری ترکیب های زیر را بنویسید :

الف) ۵- برمو-۲- نیتروتولوئن

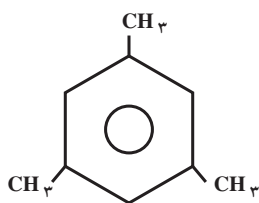
ب) ۱- برمو-۴- کلرو-۲- نیترو بنزن

۵-۶- ایزومری موضعی

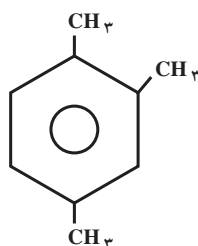
همان طور که پیش از این اشاره کردیم، مشتق یک استخلافی بنزن، تنها یک ایزومر دارد، زیرا در مولکول بنزن تمام هیدروژن ها مواضع یکسانی را اشغال کرده اند. برای مثال، فقط یک نوع متیل بنزن، یک نوع برمو بنزن، یک نوع نیترو بنزن و غیره وجود دارد.

مشتق دو استخلافی بنزن، دارای سه ایزومر است. همان طور که دیدید، این ایزومرها با پیشوندهای ارتو-، متا- و پارا- مشخص می شوند. برای مثال، سه نوع دی متیل بنزن (سه نوع زایلن) و یا سه نوع دی برموبنزن، سه نوع نیترو تولوئن و غیره وجود دارد.

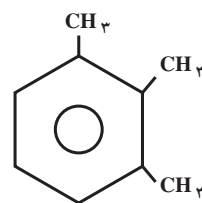
اگر سه گروه استخلافی یکسان، مثلاً سه گروه متیل، بر روی حلقه ی بنزن جانشین هیدروژن های آن شده باشند، به صورت سه ایزومر موضعی «پیایی»، «نامتقارن» و «متقارن» ظاهر می شوند.



۱، ۳، ۵-تری متیل بنزن
«متقارن»



۱، ۲، ۴-تری متیل بنزن
«نامتقارن»



۱، ۲، ۳-تری متیل بنزن
«پیایی»

تمرین ۳-۶: چند ایزومر با فرمول مولکولی C_8H_{10} می شناسید که دارای حلقه بنزنی باشند؟ نام هریک را بنویسید.

تمرین ۴-۶: برای هیدروکربنی با فرمول مولکولی C_8H_{12} ، در مجموع چند ایزومر می توانید رسم کنید که از بنزن مشتق شده باشند؟ نام هریک را بنویسید.

تمرین ۵-۶: ارتو-، متا- و پارا- دی متیل بنزن را می توان با وارد کردن یک استخلاف سوم (مثلاً یک اتم برم) بر روی حلقه ی بنزن و شمارش تعداد ایزومرهای سه استخلافی به دست آمده در هر مورد، از یکدیگر تشخیص داد (روش کورنر^۱). در هر مورد چند ایزومر سه استخلافی تشکیل می شود؟ نام هریک را به روش آیوپاک بنویسید.

خواص فیزیکی بنزن: خواص فیزیکی بنزن، بیشتر شبیه خواص فیزیکی هیدروکربن های زنجیری با همان تعداد کربن است. برای مثال، بنزن مایعی بی رنگ و غیر قطبی است. بنابراین، در حلال های غیر قطبی حل می شود اما، در آب انحلال ناپذیر است. بنزن فوق العاده سمی است.

سمیت بنزن: تنفس بخارهای بنزن، موجب گیجی و سردرد می شود. مقدار زیاد آن بی هوشی می آورد. بخار بنزن، چشم ها و اعضای مخاطی را تحریک می کند. بنزن مایع از راه پوست جذب می شود و ممکن است ایجاد مسمومیت کند. خوردن آن فوق العاده خطرناک است. تنفس بخارهای بنزن با غلظت کم ولی برای مدت طولانی، اثرهای نامطلوب از جمله بیماری های خونی و حتی مرگ به همراه دارد. ظرف های محتوی بنزن و تمام مواد شیمیایی سمی دیگر، باید دارای برچسب هشدار دهنده ی مجموعه و دو استخوان متقاطع باشند (شکل ۲-۶).



TOXIC

شکل ۲-۶- بنزن فوق العاده سمی است.

تمرین ۶-۶: شش نوع دی‌برمونیتروبنزن وجود دارد. ساختار و نام هریک را به روش آیوپاک بنویسید.

۶-۶- واکنش‌های بنزن

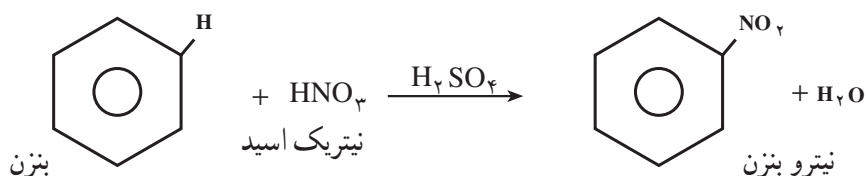
همان‌طور که پیش از این اشاره کردیم، بنزن، C_6H_6 ، یک مولکول سیر نشده است. با وجود این، برخلاف هیدروکربن‌های سیر نشده معمولی، مانند آلکن‌ها و آلکین‌ها، در برابر بسیاری از واکنش‌گرها، برای شرکت در واکنش‌های افزایشی تمایل چندانی از خود نشان نمی‌دهد. اما، با بیشتر این واکنش‌گرها، در دماهای بالاتر و در مجاورت کاتالیزگرهای مناسب، در واکنش‌های جانشینی شرکت می‌کند.

۶-۷- واکنش‌های جانشینی الکترون دوستی آروماتیک

حلقه‌ی بنزن با الکترون‌های π دایره شکل آن، که در بالا و پایین سطح حلقه گسترده شده‌اند، یک مرکز غنی از الکترون به‌شمار می‌آید. بنابراین، حلقه‌ی بنزن بیشتر تمایل دارد با واکنش‌گرهایی که الکترون کم دارند، در واکنش جانشینی شرکت کند. این واکنش‌گرها را الکترون دوست یا الکتروفیل^۱ می‌نامند. در واکنش‌های جانشینی بنزن با الکترون دوست‌ها، آرایش الکترونی ویژه‌ی حلقه بنزن محفوظ می‌ماند. در زیر چند واکنش جانشینی الکترون دوستی بنزن را مورد توجه قرار می‌دهیم.

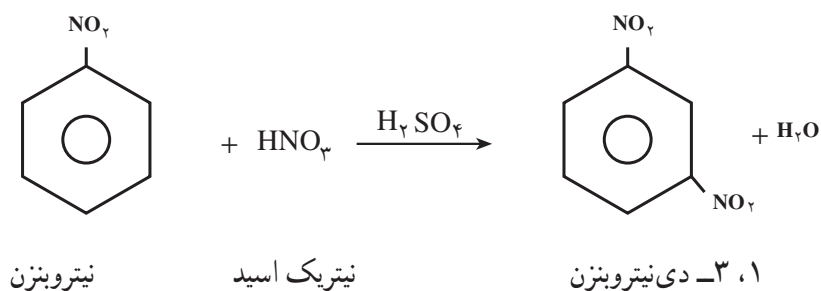
۶-۸- نیترودار کردن (نیتراسیون) بنزن

نیترودار کردن بنزن، واکنش بسیار مهمی است و ترکیب‌های سودمندی تولید می‌کند که دسترسی به آن‌ها از راه‌های دیگر به‌آسانی امکان‌پذیر نیست. برای نیترودار کردن بنزن، معمولاً از مخلوط نیتریک اسید و سولفوریک اسید غلیظ استفاده می‌شود. مخلوط این دو اسید را «مخلوط سولفونیتریک» می‌نامند. اگر بنزن را قطره قطره به مخلوط نیتریک اسید و سولفوریک اسید غلیظ بیفزاییم، مایعی روغنی شکل، به رنگ زرد روشن با بوی بادام تلخ، موسوم به نیتروبنزن به‌وجود می‌آید. در این واکنش، یکی از هیدروژن‌های حلقه بنزن به وسیله گروه نیترو، $-NO_2$ ، جانشین می‌شود.



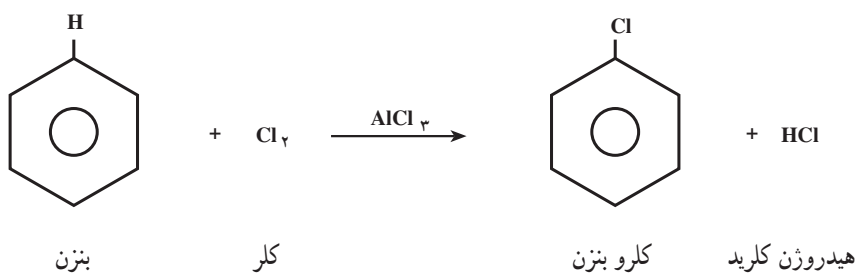
سولفوریک اسید به‌عنوان کاتالیزگر عمل می‌کند.

از نیتروبنزن، برای معطر کردن صابون‌های ارزان قیمت و ساخت مواد آلی مهم دیگر مانند رنگ‌ها و داروها استفاده می‌شود. با ادامه‌ی عمل نیترودار کردن و جانشین شدن یکی دیگر از هیدروژن‌های حلقه بنزن به وسیله گروه نیترو، بلورهای ۱،۳-دی‌نیتروبنزن (متا-دی‌نیتروبنزن) به‌وجود می‌آیند. برای اجرای این مرحله از واکنش، باید از شرایط سخت‌تر، یعنی اسیدهای غلیظ‌تر و دماهای بالاتر استفاده کنیم.



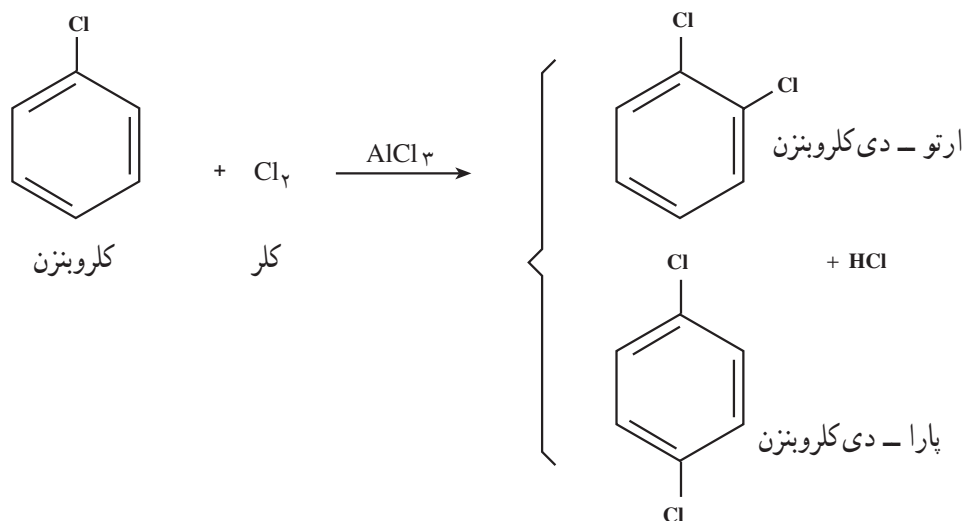
۹-۶- هالوژن دار کردن (هالوژناسیون) بنزن

هنگامی که بنزن را در تاریکی و در دمای معمولی با کلر مخلوط می کنیم، واکنشی صورت نمی گیرد اما در مجاورت یک کاتالیزگر مناسب، واکنش جانشینی الکترون دوستی انجام می شود. در این واکنش، افزون بر کلروبنزن، هیدروژن کلرید نیز به وجود می آید:



همان طور که نشان داده شده است، به عنوان کاتالیزگر از آلومینیم کلرید، $AlCl_3$ ، استفاده شده است. نقش آلومینیم کلرید، قطبی کردن مولکول کلر است.

با ادامه ی واکنش کلردار کردن، می توان سایر مشتق های کلردار بنزن مانند دی کلروبنزن، تری کلروبنزن و غیره را نیز به دست آورد.



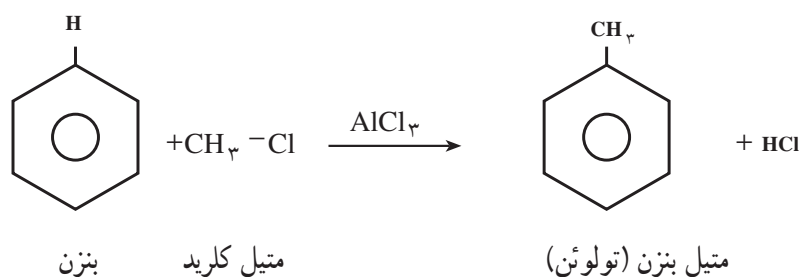
همان طور که نشان داده شده است، در کلردار کردن کلروبنزن، بیشتر مخلوطی از ارتو - و پارا - دی کلروبنزن به دست می آید.

در برم دار کردن بنزن، به عنوان کاتالیزگر می توان از براده ی آهن استفاده کرد. در واقع، در این واکنش نخست برم با براده آهن واکنش می دهد و آهن (III) تری برمید، FeBr_3 ، به وجود می آید. آهن (III) برمید، مانند آلومینیم کلرید، با مولکول برم کمپلکس تشکیل می دهد و موجب قطبی شدن آن می شود.

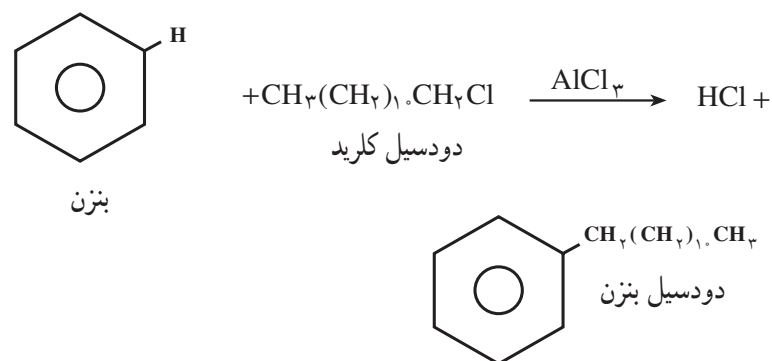
تمرین ۷-۶: واکنش برم دار کردن بنزن را در مجاورت براده ی آهن با فرمول نشان دهید.

۱-۶- آلکیل دار کردن (آلکیلاسیون) بنزن

همان طور که پیش از این اشاره کردیم، متیل بنزن (تولوئن) و دی متیل بنزن ها (زایلن ها) را می توان از تقطیر نفت خام به دست آورد. با وجود این، هر وقت لازم باشد، می توان یک گروه متیل (یا هر گروه آلکیل دیگر) را جانشین یکی از هیدروژن های حلقه بنزن کرد. برای این کار، از واکنش آلکیل دار کردن فریدل-کرافتس^۱ استفاده می شود. برای مثال، چنان چه متیل کلرید (کلرومتان، CH_3Cl) را در مجاورت کاتالیزگر آلومینیم کلرید بی آب، (AlCl_3) ، با بنزن گرم کنند، متیل بنزن و هیدروژن کلرید تشکیل می شود.



واکنش آلکیل دار کردن فریدل-کرافتس، از دیدگاه صنعتی، اهمیت فراوان دارد. همان طور که اشاره شد، به جای متیل کلرید، از سایر آلکیل کلریدها نیز می توان استفاده کرد. برای مثال، از واکنش دودسیل کلرید^۲ (لوریل کلرید) با بنزن، در مجاورت آلومینیم کلرید بی آب، دودسیل بنزن به دست می آید که در تهیه پاک کننده های غیر صابونی (دترجنت^۳) یک ماده اولیه مهم به شمار می آید.



تمرین ۸-۶: واکنش ایزوپروپیل کلرید $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{Cl}$ را در مجاورت آلومینیم کلرید بی آب، با بنزن بنویسید.

۱- Friedel - Crafts

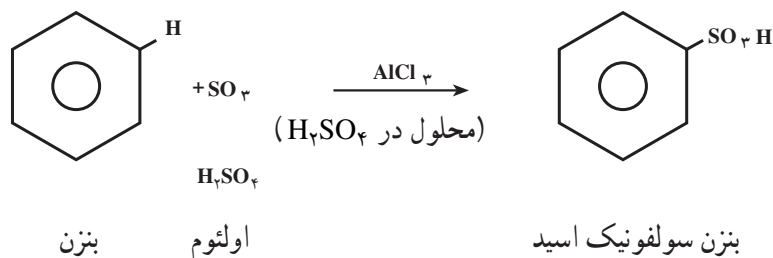
۲- دودسیل Dodecyl به معنی ۱۲ است.

۳- Detergent

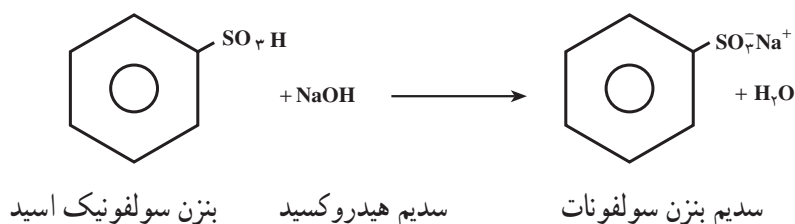
۱۱-۶- سولفون دار کردن (سولفوناسیون) بنزن

چنانچه بنزن را با سولفوریک اسید غلیظ یا سولفوریک اسید دودکننده (اولئوم^۱) گرم کنند، بنزن سولفونیک اسید تشکیل

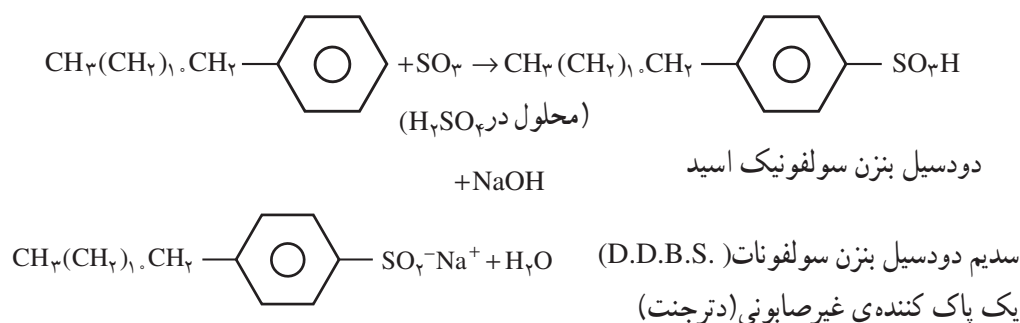
می شود.



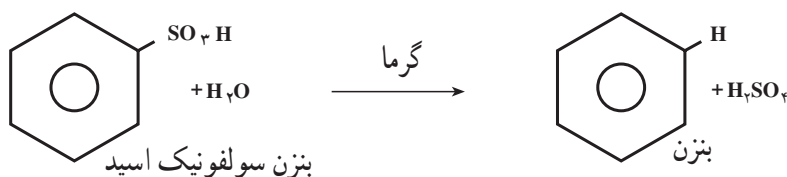
واکنش سولفون دار کردن بنزن و سایر ترکیب های آروماتیک، واکنش بسیار مهمی است و به ویژه در صنایع رنگ، کاربرد فراوان دارد. سولفون دار کردن ترکیب های آروماتیک، روشی برای انحلال پذیر کردن آن ها در آب است. زیرا بسیاری از نمک های سولفونیک اسیدها در آب حل می شوند.



پیش از این اشاره کردیم که برای تهیه یک نوع پاک کننده ی غیرصابونی (درجنت) از دودسیل بنزن استفاده می شود. واکنش های زیر چگونگی تبدیل دودسیل بنزن را به نمک سدیم دودسیل بنزن سولفونات (DDBS) نشان می دهند.



واکنش سولفون دار شدن ترکیب های آروماتیک، یک واکنش برگشت پذیر است. یعنی، چنانچه بنزن سولفونیک اسید به دست آمده را با بخار آب داغ مجاور سازند، به بنزن و سولفوریک اسید اولیه تجزیه می شود:

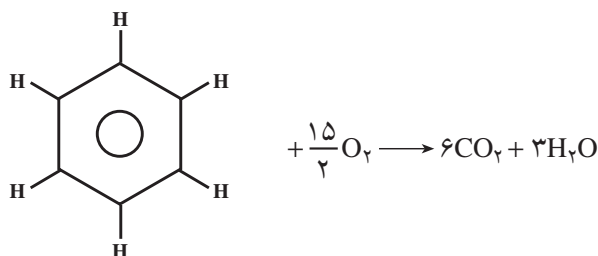


۱- اولئوم Oleum، سولفوریک اسیدی است که مقداری گاز SO_3 اضافی در آن حل شده است.

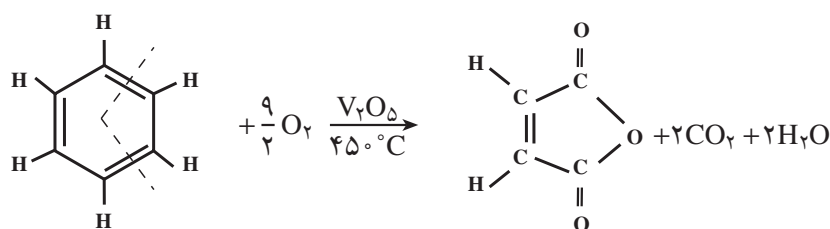
از این رو، در صنعت نفت، برای جدا کردن هیدروکربن‌های آروماتیک از نفت، آن را با سولفوریک اسید غلیظ به هم می‌زنند. هیدروکربن‌های آروماتیک، سولفون‌دار می‌شوند و چون در آب انحلال پذیرند، بر اثر شست و شو با آب از بقیه‌ی هیدروکربن‌های نفتی جدا می‌شوند و همان‌طور که دیدید هیدروکربن‌های سولفون‌دار شده را می‌توان با بخار آب داغ به هیدروکربن‌های آروماتیک اولیه تجزیه کرد. هیدروکربن‌های آروماتیک به بهسوزی بنزین کمک می‌کنند. بنابراین، از دیدگاه صنعتی، اهمیت فراوان دارند.

۱۲-۶- اکسایش بنزن

حلقه‌ی بنزن، در برابر عوامل اکسید کننده‌ی قوی، مانند پتاسیم پرمنگنات، KMnO_4 در محیط اسیدی یا بازی، مقاومت می‌کند. با وجود این، بنزن و سایر هیدروکربن‌های آروماتیک در برابر هوا یا اکسیژن، با شعله‌ای دود کننده، که از ویژگی‌های هیدروکربن‌های پرکربن^۱ است، می‌سوزند. معادله‌ی شیمیایی سوختن کامل بنزن در اکسیژن کافی، به صورت زیر است:



حلقه بنزن، در دماهای بالا، در مجاورت وانادیم پنتوکسید، V_2O_5 ، در اکسیژن گسسته می‌شود و مالتیک انیدرید که یک ماده‌ی اولیه مهم در صنایع پلیمر است، به دست می‌آید.

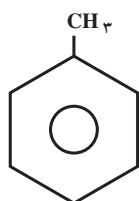


بنزن

مالتیک انیدرید

۱۳-۶- هیدروکربن‌های هم خانواده بنزن

پیش از این، با یکی از هیدروکربن‌های هم خانواده بنزن، به نام متیل بنزن (تولوئن) آشنا شدید.



متیل بنزن (تولوئن)

۱- همان‌طور که پیش از این اشاره کردیم، نسبت درصد کربن به هیدروژن در هیدروکربن‌های آروماتیک، بالاست. فرمول‌های مولکولی هگزان (C_6H_{12})، سیکلو هگزان (C_6H_{12}) و بنزن (C_6H_6) را با یکدیگر مقایسه کنید.

۱۴-۶- خواص فیزیکی

خواص فیزیکی متیل بنزن، مانند خواص فیزیکی بنزن است. مایعی بی‌رنگ و انحلال‌ناپذیر در آب است. اما در حلال‌های آلی حل می‌شود. مانند بنزن، حلال خوبی برای مواد آلی است. به‌عنوان حلال، خیلی بیشتر از بنزن کاربرد دارد، زیرا سمیت آن خیلی کمتر از بنزن است.

۱۵-۶- خواص شیمیایی

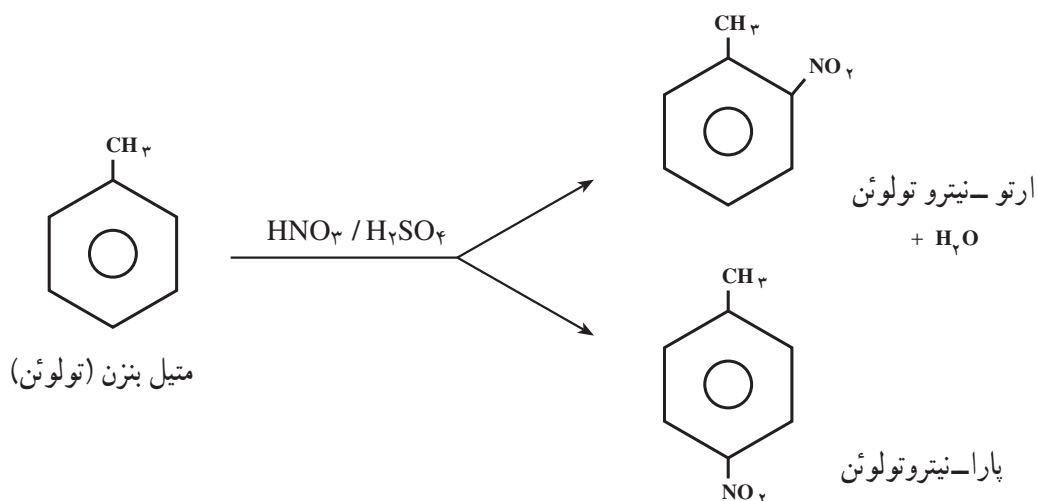
واکنش‌های شیمیایی متیل بنزن را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف) واکنش‌هایی که بر روی حلقه‌ی بنزن اجرا می‌شوند.

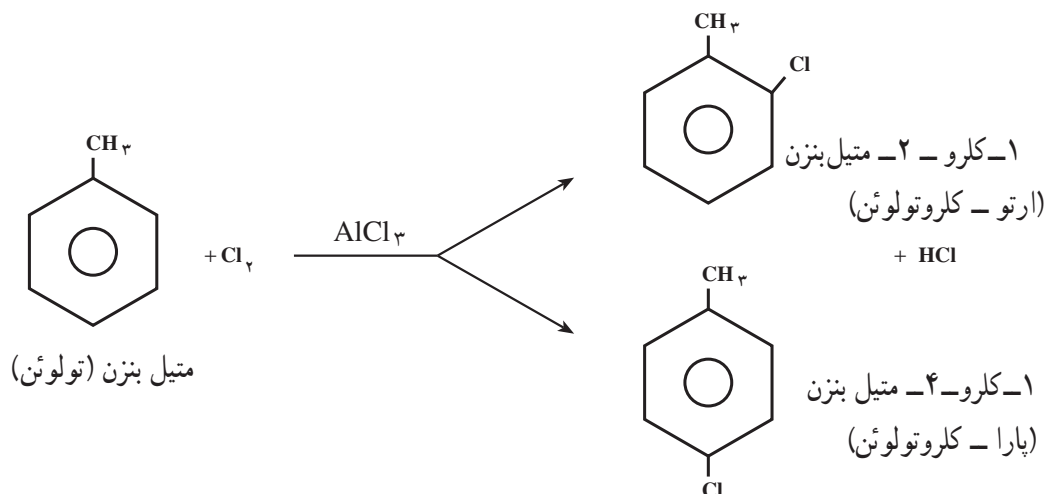
ب) واکنش‌هایی که بر روی گروه متیل صورت می‌گیرند.

واکنش‌های حلقه‌ی بنزن: متیل بنزن، در تمام واکنش‌های جانشینی الکترون‌دوستی — که پیش از این در مورد بنزن توصیف کردیم — شرکت می‌کند. برای مثال، متیل بنزن می‌تواند بر روی حلقه نیترودار، هالوژن‌دار، سولفون‌دار و هم‌چنین آلکیل‌دار شود. در تمام این واکنش‌ها، متیل بنزن فعال‌تر از بنزن عمل می‌کند و واکنش‌های آن سریع‌تر اجرا می‌شوند.

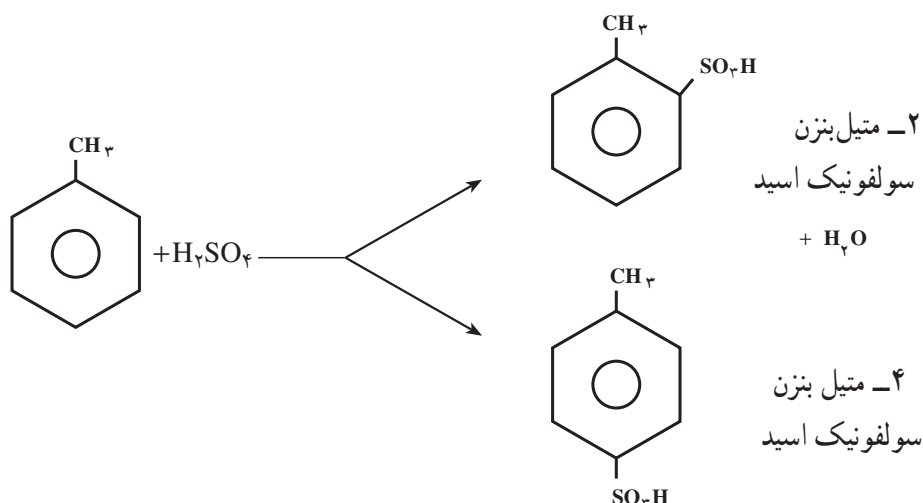
الف) نیترودار کردن متیل بنزن: متیل بنزن را می‌توان به همان روشی که در مورد بنزن توصیف کردیم، با مخلوط نیتریک اسید و سولفوریک اسید غلیظ، نیترودار کرد. محصول این واکنش مخلوطی از دو ایزومر متیل نیتروبنزن (ارتو-و پارا-نیتروتولوئن) است.



ب) کلردار کردن متیل بنزن: حلقه بنزن در متیل بنزن را می‌توان با عبور دادن گاز کلر از درون مایع آن، در مجاورت آلومینیم کلرید، AlCl_3 ، در تاریکی کلردار کرد. به‌عنوان کاتالیزگر عمل می‌کند. در این مورد نیز مخلوطی از دو ایزومر کلرومتیل بنزن (ارتو-و پارا-کلروتولوئن) به‌دست می‌آید.

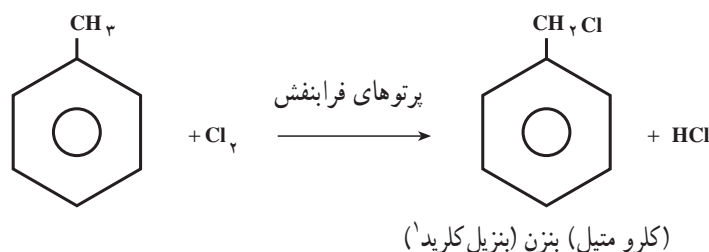


ج) سولفون دار کردن متیل بنزن: سولفون دار کردن متیل بنزن با سولفوریک اسید غلیظ نیز به مخلوطی از دو ایزومر (ارتو - و پارا - متیل بنزن سولفونیک اسیدها) منجر می شود :

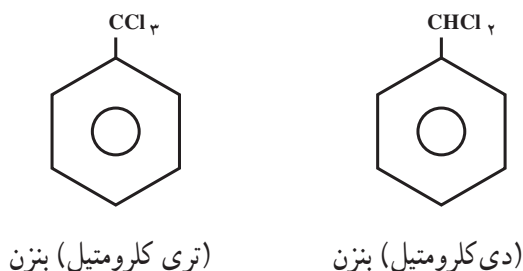


واکنش های شاخه ی متیل: گروه متیل در متیل بنزن، در بعضی از واکنش های اختصاصی آلکان ها، شرکت می کند. این گروه، هم چنین در واکنش هایی شرکت می کند که با آلکان ها مشاهده نمی کنیم. ما در این جا، از هر نوع واکنش یک نمونه را مورد بررسی قرار می دهیم.

گروه متیل در متیل بنزن را می توان مانند آلکان ها از طریق رادیکالی، هالوژن دار کرد. برای اجرای این واکنش، گاز کلر را در برابر نور مستقیم خورشید یا در برابر پرتوهای فرابنفش، از درون متیل بنزن جوشان عبور می دهند. توجه داشته باشید که هالوژن دار کردن حلقه ی بنزن در متیل بنزن به شرایط تجربی کاملاً متفاوتی نیاز دارد. کلردار کردن گروه متیل در متیل بنزن را می توان به صورت زیر نشان داد :



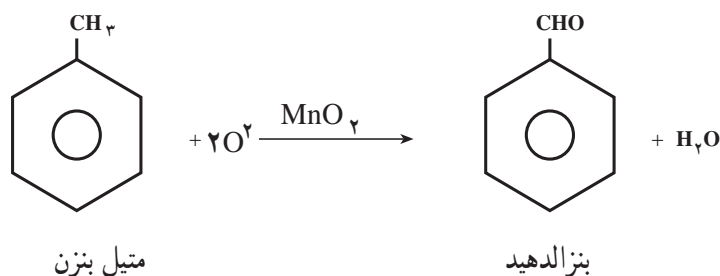
همان‌طور که می‌بینید، در این شرایط، گاز کلر روی حلقه اثر ندارد. واکنش آن با گروه متیل، مانند واکنش کلر با متان، یعنی از نوع جانشینی رادیکالی است. با ادامه‌ی واکنش هالوژن‌دار کردن، ترکیب‌های زیر نیز تشکیل می‌شوند:



برم‌دار کردن متیل بنزن نیز، در شرایط مشابه انجام می‌شود و ترکیب‌های برم‌دار مربوط به دست می‌آیند.

تمرین ۹-۶: معادله‌ی شیمیایی برم‌دار کردن متیل بنزن را، در برابر پرتوهای فرابنفش، با فرمول نشان دهید و نام ترکیب‌های به‌دست آمده را بنویسید.

پیش از این دیدید که آلکان‌ها در برابر عوامل اکسید کننده، حتی اکسید کننده‌های قوی مانند پتاسیم پرمنگنات، مقاومت می‌کنند. اما، شاخه‌ی متیل در متیل بنزن، حتی در برابر عوامل اکسید کننده نسبتاً ملایم، مانند منگنز دی‌اکسید (MnO_2) اکسید می‌شود.



در این واکنش، اگر از یک اکسید کننده‌ی قوی‌تر، مانند پتاسیم پرمنگنات، استفاده کنیم، عمل اکسایش پیشتر می‌رود و بنزویک اسید به‌دست می‌آید:

۱- گروه $-CH_2-$ را گروه بنزیل می‌نامند.

۲- علامت O نشانه اتم اکسیژنی است که به‌وسیله محلول MnO_2 (اکسید کننده) در اختیار متیل بنزن (اکسیدشونده) قرار می‌گیرد.



۱۱۲

سرعت واکنش جانشینی الکترون دوستی در مواضع ۳- و ۵- آهسته تر از سرعت واکنش جانشینی الکترون دوستی با بنزن است. (توجه داشته باشید که موضع ۵- نیز یک موضع متا - به شمار می آید)

هدایت کنندگی گروه های استخلافی تابع الکترون دهی به حلقه یا الکترون گیری از آن است. گروه های هدایت کننده به مواضع ۲- و ۴- (هدایت کننده های ارتو - پارا) به حلقه ی بنزن الکترون می دهند و به این ترتیب، آن را در برابر الکترون دوست ها فعال می کنند. از این رو، گروه های هدایت کننده ارتو - پارا را گروه های فعال کننده نیز می نامند. گروه های هدایت کننده به مواضع ۳- و ۵- (هدایت کننده های متا) از حلقه بنزن، الکترون می گیرند و از فعالیت آن در برابر الکترون دوست ها، می کاهند. از این رو، گروه های هدایت کننده متا را گروه های فعالیت زدا نیز می نامند.

تمرین ۱۲-۶: نیترودار کردن نیتروبنزن، مشکل تر از نیترودار کردن بنزن انجام می شود. این نتیجه را چگونه توجیه می کنید؟
 حل: گروه نیترو، NO_2 -، یک گروه الکترون گیرنده است. زیرا از سه اتم الکترون گاتیو قوی (یک اتم نیتروژن و دو اتم اکسیژن) تشکیل شده است. این گروه، وقتی بر روی حلقه بنزن قرار گرفته باشد، الکترون های π حلقه بنزن را به سوی خود می کشد و چگالی الکترونی آن را کاهش می دهد و چون نقش حلقه بنزن در واکنش های جانشینی الکترون دوستی، الکترون دادن به جزء الکترون دوست و تشکیل پیوند با آن است، وقتی چگالی الکترونی حلقه بر اثر الکترون گیری گروه نیترو کاهش یافته باشد، کمتر تمایل دارد الکترون بدهد و با جزء الکترون دوست پیوند برقرار کند، از این رو، واکنش آهسته تر اجرا می شود.

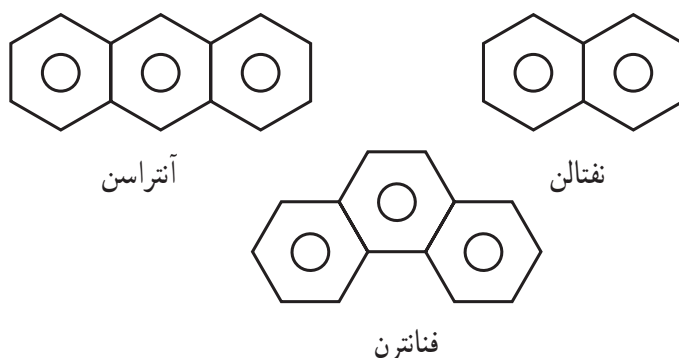
تمرین ۱۳-۶: به نظر شما، برای تهیه متا - برمونیتروبنزن، کدام یک از دو واکنش زیر مناسب تر است؟ چرا؟

۱- نیترودار کردن برموبنزن در مجاورت سولفوریک اسید غلیظ؟

۲- برم دار کردن نیتروبنزن در مجاورت براده آهن؟

۱۷-۶- هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه

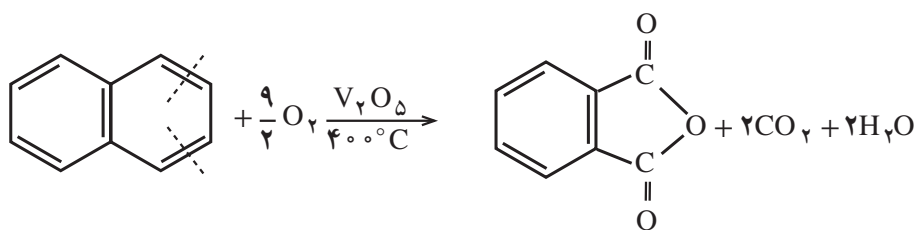
در بسیاری از هیدروکربن های آروماتیک، دو یا چند حلقه بنزنی به یکدیگر جوش خورده اند. به عبارت دیگر، بین دو حلقه، دو اتم کربن مشترک وجود دارد. در زیر چند نمونه از ساده ترین و مهم ترین هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه را نام می بریم.



این سه هیدروکربن، از قطران زغال سنگ به دست می آیند. نفتالن، فراوان ترین (۵٪) جزء موجود در قطران زغال سنگ است.

همان طور که می دانید، برای جلوگیری از بیدزدگی منسوجات پشمی، اغلب از نفتالن به عنوان ضد پید استفاده می شود. خواص نفتالن، از بسیاری جهات شبیه خواص بنزن است. برای مثال، در برابر عوامل اکسید کننده معمولی مانند پتاسیم پرمنگنات، مقاومت می کند. اما، در دماهای بالا و در مجاورت وانادیم پنتوکسید، بر اثر اکسیژن اکسید می شود. در این واکنش، یکی

از حلقه‌های بنزنی در هم می‌ریزد و حلقه‌ی دیگر دست نخورده، باقی می‌ماند.



نفتالن

فتالیک انیدرید

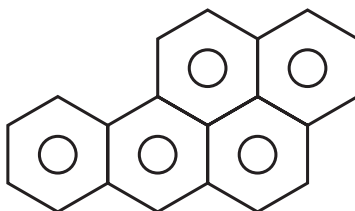
همان‌طور که نشان داده شده است، محصول این واکنش ترکیبی موسوم به فتالیک انیدرید است که در صنایع پلیمر به‌ویژه در تهیه پلی‌استرها، کاربرد دارد.

۱۸-۶- هیدروکربن‌های سرطان‌زا

شمار ترکیب‌هایی که در سال‌های اخیر به عنوان سرطان‌زا^۱، یعنی مولد سرطان شناخته شده‌اند، به سرعت رو به افزایش است. در واقع، معلوم شده است که سرطان، یک بیماری محیطی است، یعنی از محیطی که انسان در آن زندگی می‌کند، نشأت می‌گیرد. همان‌طور که با خشک کردن باتلاق‌ها و از میان بردن پشه‌ها، می‌توان بیماری مالاریا و یا تب زرد را کنترل کرد، با دور کردن مواد سرطان‌زا از محیط زندگی نیز خواهیم توانست احتمال مبتلا شدن به سرطان را کاهش دهیم.

بعضی از هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه از سرطان‌زاهای بسیار مؤثر به شمار می‌آیند. برای مثال، بنزوپیرن را نام

می‌بریم.



بنزو پیرن

این هیدروکربن، فرآورده سوخت ناقص مواد آلی مانند زغال سنگ، نفت، توتون و غیره است. از این‌رو، در محیط زندگی بسیار پراکنده است و می‌تواند یکی از علت‌های مهم مبتلا شدن انسان به سرطان باشد.

بیشتر پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی چگونگی اثر مواد سرطان‌زا، روی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه متمرکز شده است.

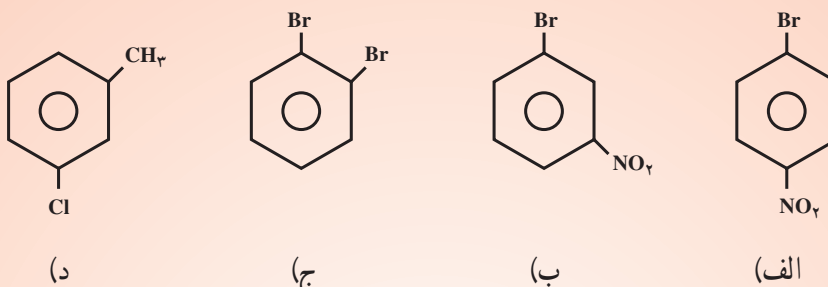
هنگامی که یک جسم خارجی وارد بدن می‌شود، بدن سعی دارد آن را بیرون براند. اگر حلالیت جسم در آب کم باشد، بدن ابتدا آن را به موادی که حلالیت آن‌ها در آب زیاد است، تبدیل می‌کند و سپس به دفع آن می‌پردازد. گمان می‌رود که ترکیب‌های واسطه‌ی به‌وجود آمده از متابولیسم هیدروکربن‌های چند حلقه آروماتیک سرطان‌زای واقعی باشند.

^۱ - Carcinogenic

پرسش و تمرین



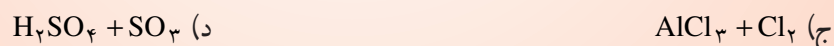
۱- نام ترکیب‌های زیر را بنویسید :



۲- فرمول‌های ساختاری ترکیب‌های زیر را رسم کنید :

- (الف) ۲، ۴، ۶-تری‌نیترو تولوئن
(ج) پارا - کلرونیترобенزن
(هـ) ۴-ایزوپروپیل تولوئن
۳- ایزومرهای ممکن برای ترکیب‌های زیر را رسم کنید و نام هریک را بنویسید :
- (الف) تری‌نیترو بنزن
(ب) برمونیترобенزن
۴- نام تمام ترکیب‌های آروماتیکی (مشتق شده از بنزن) را که دارای فرمول مولکولی C_8H_9Br و C_7H_7Br هستند، بنویسید.

۵- فرآورده‌های حاصل از واکنش هریک از واکنش‌گرهای زیر را با بنزن بنویسید.



۶- ساختار و نام فرآورده‌های اصلی مونوبرم‌دار کردن ترکیب‌های زیر را بنویسید.

(الف) تولوئن (ب) کلروبنزن (ج) متا - برموتولوئن (د) نیتروبنزن

۷- ساختار و نام فرآورده‌های مورد انتظار از مونونیترودار کردن ترکیب‌های زیر را بنویسید. در هر مورد

بگویید که نیترودار کردن سریع‌تر یا آهسته‌تر از نیترودار کردن بنزن انجام می‌شود.

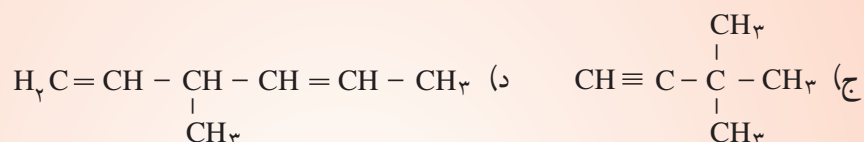
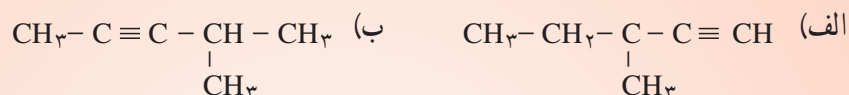
(الف) اتیل بنزن (ب) متا - دی‌نیتروبنزن

تمرین‌های عمومی

۱- آیا هیدروکربن شاخه‌داری با چهار اتم کربن می‌شناسید که دارای پیوند سه‌گانه کربن-کربن باشد؟ توضیح دهید.

۲- فرمول ساختاری هیدروکربنی را بنویسید که ایزومر بوتین باشد ولی در خانواده‌ی دیگری از هیدروکربن‌ها طبقه‌بندی شده باشد.

۳- نام هیدروکربن‌های زیر را به روش آیوپاک بنویسید:



۴- آیا هیدروکربن‌های استیلنی می‌توانند ایزومری سیس و ترانس داشته باشند؟

۵- معادله‌ی شیمیایی واکنش افزایشی هیدروژن برمید را به پروپین بنویسید. از قاعده‌ی مارکونیکف استفاده کنید. در مورد پاسخ خود توضیح دهید. نام فرآورده واکنش را بنویسید.

۶- معادله‌ی شیمیایی سوختن کامل استیلن را بنویسید و حجم اکسیژن لازم برای سوزاندن ۱۳ گرم استیلن را در شرایط استاندارد حساب کنید.

۷- حداکثر چند گرم برم می‌تواند با ۱۱/۲ گرم استیلن واکنش دهد؟

۸- چگونه می‌توان ۱، ۲-دی‌کلرواتان را از استیلن به‌دست آورد؟ واکنش‌های لازم را بنویسید.

۹- از یک کیلوگرم کلسیم کربید تجارتي (که دارای ۳۰ درصد ناخالصی است) چه حجمی از استیلن در شرایط استاندارد به‌دست می‌آید؟

۱۰- بین فرمول ککوله و خواص بنزن چه تضادهایی وجود دارد؟

۱۱- گاهی فرمول ساختاری بنزن را با یک شش ضلعی منتظم که دایره‌ای در داخل آن رسم شده است، نشان می‌دهند. به‌نظر شما، این دایره گویای چه مطلبی است؟

۱۲- چگونه می‌توان بنزن، C_6H_6 ؛ هگزان، C_6H_{14} و هگزن، C_6H_{12} ، را از روی خواص شیمیایی آن‌ها تشخیص داد؟

۱۳- مثال‌هایی بیاورید که تشابه بنزن را با هیدروکربن‌های سیرشده و سیرنشده نشان دهند. تفاوت خواص آن‌ها در چیست؟

۱۴- فرمول عمومی هومولوگ‌های بنزن را بنویسید.

۱۵- هیدروکربنی دارای فرمول C_7H_8 است. آب برم را بی‌رنگ نمی‌کند. ولی بر اثر هیدروژن‌دار شدن، به متیل سیکلوهگزان تبدیل می‌شود. فرمول ساختاری این هیدروکربن را بنویسید.

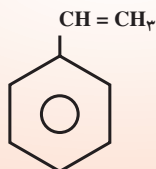
۱۶- فرمول‌های ساختاری هیدروکربن‌های آروماتیک مشتق شده از بنزن را که با پروپیل بنزن ایزومر باشند، رسم کنید و نام هریک را بنویسید.

۱۷- بسته به شرایط، تولوئن با برم بر روی حلقه یا بر روی گروه متیل واکنش می‌دهد. جهت‌گیری واکنش را الف) در مجاورت کاتالیزگر ب) در برابر نور بنویسید. در مورد پاسخ خود توضیح دهید.

۱۸- در تبدیل 300°C گرم هپتان به تولوئن، چند حجم هیدروژن در شرایط استاندارد تولید می‌شود؟

۱۹- استایرن را می‌توان، مانند اتیلن، به پلیمر تبدیل کرد. معادله‌ی شیمیایی واکنش پلیمر شدن استایرن را

بنویسید.



استایرن