



شیمی آلی

(رشته مهندسی کشاورزی)

دکتر عباس تیموری دکتر علیرضا چرمهینی

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

ابوالفضل فراهانی

رئیس دانشگاه پیام‌نور

فهرست

سیزده

پیشگفتار

- ۱ فصل ۱. شیمی آلی
- ۲ ۱-۱- چرا شیمی آلی مطالعه می‌گردد؟
- ۲ ۲-۱- ویژگی خاص کربن از چیست؟
- ۳ ۳-۱- ساختار اتم
- ۴ ۱-۳-۱- انواع پیوندها
- ۶ ۴-۱- مفهوم بار قراردادی
- ۷ ۵-۱- چگونگی رسم ساختارهای لوئیس
- ۱۰ ۶-۱- مفهوم رزونانس
- ۱۱ ۷-۱- قواعد ساختارهای رزونانس
- ۱۲ ۸-۱- بررسی شکل چند مولکول ساده
- ۱۳ ۹-۱- گشتاورهای دو قطبی
- ۱۴ ۱۰-۱- اسیدها و بازها
- ۱۵ ۱-۱۰-۱- نظریه لوری و برونشتد
- ۱۷ ۲-۱۰-۱- نظریه لوئیس

- ۱۹ فصل ۲. آلکان‌ها
- ۲۰ ۱-۲- نامگذاری
- ۲۱ ۱-۱-۲- نامگذاری به روش آیوپاک IUPAC
- ۲۳ ۲-۲- خصوصیات فیزیکی آلکان‌ها
- ۲۴ ۳-۲- صورت‌بندی در آلکان‌ها (چرخش حول پیوند ساده کربن - کربن)
- ۲۵ ۱-۳-۲- دیاگرام انرژی پتانسیل مولکول اتان
- ۲۶ ۲-۳-۲- دیاگرام انرژی پتانسیل پروپان
- ۲۶ ۳-۳-۲- صورت‌بندی‌های بوتان (منحنی انرژی پتانسیل)
- ۲۷ ۴-۲- منابع آلکان‌ها

۲۷	۵-۲- روش‌های تهیه آلکان‌ها
۲۷	۵-۲-۱- هیدروژناسیون آلکن‌ها
۲۸	۵-۲-۲- واکنشگر گرینیارد
۲۸	۵-۳- جفت شدن آلکیل هالیدها با ترکیبات آلی فلزی
۲۹	۵-۴- واکنش ورتز
۲۹	۵-۵-۲- کاهش آلکیل هالیدها
۲۹	۶-۲- واکنش آلکان‌ها
۳۰	۶-۲-۱- هالوژن‌دار شدن آلکان‌ها
۳۱	۶-۲-۲- گرمای واکنش هالوژناسیون آلکان‌ها
۳۳	۶-۲-۳- کلر دارشدن پروپان
۳۴	۶-۲-۴- برم دار شدن پروپان
۳۶	۷-۲- اکسایش آلکان‌ها

۳۹	فصل ۳. آلکان‌های حلقوی
۳۹	۳-۱- سیکلوآلکان‌ها
۴۰	۳-۱-۱- نامگذاری
۳۹	۳-۲- ایزومری در سیکلوآلکان‌ها
۴۲	۳-۳- کانفورماسیون در سیکلوهگزان
۴۳	۳-۴- سیکلوهگزان‌های استخلاف شده
۴۴	۳-۵- سیکلوهگزان‌های دو استخلافی
۴۳	۳-۶- سیکلوآلکان‌های چند حلقه‌ای

۴۴	فصل ۴. شیمی فضایی
۴۸	۴-۱- کایرالیت
۴۹	۴-۲- تعیین S و R (قاعده اینگولد و پرلوگ)
۵۰	۴-۳- روش فیشر
۵۲	۴-۴- هیدروژن‌های هموتاییک، انانتیوتاییک و دیاستریوتاییک
۵۳	۴-۵- ترکیبات کایرال دیگر
۵۳	۴-۶- خواص فیزیکی و انانتیومرها
۵۳	۴-۷- روش‌های جداسازی انانتیومرها

۵۵	فصل ۵. آلکیل هالیدها
۵۵	۵-۱- نامگذاری
۵۷	۵-۲- روش‌های تهیه آلکیل هالیدها
۵۷	۵-۲-۱- هالوژنه کردن آلکان‌ها
۵۷	۵-۲-۲- تهیه آلکیل هالیدها از الکل‌ها
۵۸	۵-۲-۳- افزایش هیدروژن هالیدها به آلکن‌ها یا آلکین‌ها
۵۸	۵-۲-۴- افزایش هالوژن‌ها به آلکن‌ها و آلکین‌ها

۵۸	۳-۵- واکنش‌های آلکیل هالیدها
۵۸	۱-۳-۵- واکنش جانشینی هسته دوستی درجه دو
۶۰	۲-۳-۵- اثر ساختار بر واکنش S_N2
۶۰	۳-۳-۵- اثر قدرت هسته دوست در واکنش S_N2
۶۱	۴-۳-۵- شیمی فضایی واکنش S_N2
۶۱	۵-۳-۵- اثر حلال
۶۲	۶-۳-۵- اثر گروه ترک‌کننده
۶۲	۷-۳-۵- واکنش جانشینی هسته دوستی درجه اول
۶۳	۸-۳-۵- اثر استخلاف بر واکنش S_N1
۶۳	۹-۳-۵- شیمی فضایی واکنش S_N1
۶۴	۱۰-۳-۵- اثر حلال
۶۴	۱۱-۳-۵- پایداری کربوکاتیون‌ها
۶۵	۱۲-۳-۵- واکنش‌های حذفی آلکیل هالیدها
۶۶	۱۳-۳-۵- مکانیسم واکنش E_2
۶۷	۱۴-۳-۵- مکانیسم واکنش E_1
۶۸	۱۵-۳-۵- رقابت بین واکنش حذفی و جانشینی

۷۱	فصل ۶. الکل‌ها
۷۲	۱-۶- ساختار
۷۲	۲-۶- نامگذاری الکل‌ها
۷۳	۳-۶- خواص فیزیکی
۷۳	۴-۶- طرز تهیه الکل‌ها
۷۳	۵-۶- روش‌های آزمایشگاهی تهیه الکل‌ها
۷۳	۱-۵-۶- واکنش استخلافی با آلکیل هالیدها
۷۴	۲-۵-۶- هیدرولیز آلکن‌ها در محیط اسیدی
۷۴	۳-۵-۶- احیای ترکیبات کربونیل دار
۷۴	۴-۵-۶- واکنشگر گرینارد
۷۵	۵-۵-۶- اکسایش آلکن‌ها
۷۵	۶-۶- واکنش‌های الکل‌ها
۷۵	۱-۶-۶- خاصیت اسیدی و بازی
۷۶	۲-۶-۶- واکنش با سولفونیل کلریدها
۷۶	۳-۶-۶- تبدیل الکل‌ها به آلکیل هالیدها
۷۷	۴-۶-۶- واکنش الکل‌ها با واکنشگر لوکاس
۷۷	۵-۶-۶- واکنش با ترکیبات فسفر
۷۷	۶-۶-۶- واکنش با تیونیل کلراید
۷۸	۷-۶-۶- آب زدایی از الکل‌ها
۷۸	۸-۶-۶- اکسایش الکل‌ها
۷۹	۹-۶-۶- واکنش با کربوکسیلیک اسیدها

۸۱	فصل ۷. اترها
۸۱	۱-۷- نامگذاری اترها
۸۲	۲-۷- ساختار و خواص فیزیکی اترها
۸۲	۳-۷- روش‌های تهیه اترها
۸۳	۱-۳-۷- روش ویلیامسون
۸۳	۲-۳-۷- روش افزایش الکلی به پیوند دو گانه
۸۳	۳-۳-۷- تهیه متیل اترها با استفاده از دی‌آزومتان
۸۳	۴-۷- واکنش‌های اترها
۸۴	۵-۷- اترهای تاجی
۸۴	۶-۷- تهیه اپوکسیدها
۸۴	۷-۷- تهیه اپوکسید از هالوهیدرین‌های مجاور
۸۵	۸-۷- واکنش‌های اپوکسیدها

۸۷	فصل ۸. آلکن‌ها
۸۷	۱-۸- ساختار الکترونی آلکن‌ها
۸۸	۲-۸- ساختار آلکن‌ها
۸۸	۳-۸- نامگذاری آلکن‌ها
۸۹	۴-۸- ایزومری در آلکن‌ها
۸۹	۴-۸-۱- ایزومری هندسی (فضایی)
۹۰	۵-۸- پایداری آلکن‌ها
۹۱	۶-۸- خواص فیزیکی
۹۱	۷-۸- تهیه آلکن‌ها
۹۳	۸-۸- آگیری از الکلی‌ها
۹۳	۹-۸- هیدروژن زدایی از آلکان‌ها
۹۴	۱۰-۸- احیا آلکین‌ها
۹۴	۱۱-۸- واکنش‌های آلکن‌ها
۹۴	۱۱-۸-۱- واکنش افزایش الکترون دوستی
۱۰۱	۱۲-۸- اکسایش آلکن‌ها
۱۰۱	۱۲-۸-۱- اپوکسی‌دار شدن
۱۰۲	۱۲-۸-۲- هیدروکسیل‌دار شدن
۱۰۲	۱۲-۸-۳- ازونولیز
۱۰۲	۱۳-۸- شناسایی آلکن‌ها
۱۰۳	۱۴-۸- هالوژن‌دار شدن آلکن‌ها
۱۰۳	۱۵-۸- تشکیل هالو هیدرین

۱۰۵	فصل ۹. آلکین‌ها
۱۰۶	۱-۹- ساختار آلکین‌ها
۱۰۶	۲-۹- نامگذاری
۱۰۷	۳-۹- خواص فیزیکی آلکین‌ها

- ۹-۴- روش‌های تهیه آلکین‌ها
 ۹-۴-۱- روش‌های صنعتی
 ۹-۴-۲- روش‌های آزمایشگاهی تهیه آلکین‌ها
 ۹-۵- واکنش‌های آلکین‌ها
 ۹-۵-۱- هیدروژندار شدن
 ۹-۶- واکنش‌های الکترون دوستی
 ۹-۶-۱- افزایش HX
 ۹-۶-۲- افزایش هالوژن
 ۹-۶-۳- هیدروبودار شدن- اکسایش
 ۹-۶-۴- اکسایش
 ۹-۷- شناسایی الکین‌های انتهایی
 ۹-۸- دی‌ان‌ها
 ۹-۹- تهیه دی‌ان‌ها
 ۹-۱۰- واکنش‌های دی‌ان‌ها
 ۹-۱۰-۱- افزایش HX به دی‌ان‌های مزدوج
 ۹-۱۰-۲- واکنش دیلز- آلدِر

- فصل ۱۰. آمین‌ها**
 ۱۰-۱- نامگذاری آمین‌ها
 ۱۰-۲- خواص فیزیکی آمین‌ها
 ۱۰-۳- طرز تهیه آمین‌ها
 ۱۰-۳-۱- واکنش استخلافی آلکیل هالیدها
 ۱۰-۳-۲- کاهش نیتریل‌ها و آمیدها
 ۱۰-۳-۳- سنتز گابریل
 ۱۰-۳-۴- کاهش ایمین‌ها
 ۱۰-۳-۵- کاهش گروه نیترو
 ۱۰-۴- نیتروزدار کردن آمین‌ها

- فصل ۱۱. آلدئیدها و کتون‌ها**
 ۱۱-۱- ساختار گروه کربونیل
 ۱۱-۲- نامگذاری کتون‌ها با روش آیوپاک
 ۱۱-۳- نامگذاری سیستماتیک آلدئیدها
 ۱۱-۴- نامگذاری مصطلح
 ۱۱-۵- خواص فیزیکی کتون‌ها و آلدئیدها
 ۱۱-۶- روش‌های تهیه آلدئیدها و کتون‌ها
 ۱۱-۶-۱- تهیه آلدئیدها و کتون‌ها از اکسایش الکل‌ها
 ۱۱-۶-۲- تهیه کتون‌ها و آلدئیدها از ازونولیز آلکن‌ها
 ۱۱-۶-۳- فیل کتون‌ها و آلدئیدها: آسیلاسیون فریدل کرافتس

۱۳۲	۱۱-۶-۴- تهیه کتون‌ها و آلدهیدها از هیدراسیون آلکین‌ها
۱۳۳	۱۱-۶-۵- سنتز کتون‌ها و آلدهیدها از طریق ۱و ۳- دی‌تیان‌ها
۱۳۴	۱۱-۶-۶- سنتز کتون‌ها از نیتریل‌ها
۱۳۵	۱۱-۷-۷- واکنش‌های آلدهیدها و کتون‌ها
۱۳۶	۱۱-۷-۱- واکنش ویتیک
۱۳۸	۱۱-۷-۲- تشکیل ایمین‌ها
۱۳۹	۱۱-۷-۳- تشکیل اکسیم‌ها، هیدرازون‌ها و سمی‌کاربازون‌ها
۱۳۹	۱۱-۷-۴- اکسیژن زدایی از آلدهیدها و کتون‌ها
۱۴۲	۱۱-۷-۵- واکنش و اکسنگر گرینارد با آلدهیدها و کتون‌ها
۱۴۳	فصل ۱۲. اسیدهای کربوکسیلیک
۱۴۴	۱۲-۱- نامگذاری
۱۴۵	۱۲-۲- نامگذاری به روش آیویاک
۱۴۶	۱۲-۳- ساختار و خواص فیزیکی اسیدهای کربوکسیلیک
۱۴۶	۱۲-۴- نقاط ذوب
۱۴۷	۱۲-۵- حلالیت
۱۴۷	۱۲-۶- خصلت اسیدی
۱۴۸	۱۲-۷- اثر استخلاف بر روی قدرت اسیدی در اسیدهای کربوکسیلیک
۱۵۰	۱۲-۸- منابع اسیدهای کربوکسیلیک
۱۵۱	۱۲-۹- سنتز اسیدهای کربوکسیلیک
۱۵۲	۱۲-۱۰- تهیه مشتقات کربوکسیلیک اسید با استفاده از معرف گرینارد
۱۵۳	۱۲-۱۱- تشکیل و هیدرولیز نیتریل‌ها
۱۵۴	۱۲-۱۲- روش هالوفریم
۱۵۴	۱۲-۱۳- واکنش‌های اسیدهای کربوکسیلیک و مشتقات آن‌ها
۱۵۷	فصل ۱۳. ترکیبات آروماتیک
۱۵۸	۱۳-۱- آروماتیسته
۱۵۸	۱۳-۲- نامگذاری ترکیبات آروماتیک
۱۶۰	۱۳-۳- ویژگی‌های حلقه‌ی بنزن
۱۶۱	۱۳-۴- منابع و طرز تهیه
۱۶۱	۱۳-۵- واکنش‌های ترکیبات آروماتیک
۱۶۱	۱۳-۵-۱- هیدروژناسیون
۱۶۲	۱۳-۵-۲- نیترودار شدن بنزن
۱۶۳	۱۳-۵-۳- سولفون‌دار شدن
۱۶۳	۱۳-۵-۴- آلکیلاسیون و آسیلاسیون
۱۶۵	۱۳-۶- واکنش‌های شاخه‌ی فرعی در ترکیبات آروماتیک
۱۶۵	۱۳-۶-۱- اکسایش شاخه‌ی فرعی
۱۶۶	۱۳-۶-۲- واکنش‌های جانشینی الکترون دوستی در بنزن‌های دارای استخلاف
۱۶۸	۱۳-۷- واکنش‌های جانشینی الکترون دوستی در بنزن‌هایی با بیش از یک استخلاف
۱۶۹	۱۳-۸- هالوژن‌دار کردن شاخه فرعی

۱۶۹ ۱۳-۹- ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای

۱۷۱ فصل ۱۴. کربوهیدرات‌ها

۱۷۲ ۱۴-۱- مونوساکاریدها

۱۷۶ ۱۴-۲- موتورو تاسیون

۱۷۶ ۱۴-۳- واکنش‌های مونوساکاریدها

۱۷۶ ۱۴-۳-۱- اکسایش

۱۷۷ ۱۴-۳-۲- کوتاه کردن طول زنجیر

۱۷۸ ۱۴-۳-۳- کاهش

۱۷۸ ۱۴-۳-۴- واکنش با فنیل هیدرازین (تشکیل اوسازون)

۱۷۹ ۱۴-۳-۵- تشکیل استر

۱۷۹ ۱۴-۳-۶- تشکیل اتر

۱۸۰ ۱۴-۳-۷- افزایش طول زنجیر قندها

۱۸۰ ۱۴-۴- دی‌ساکاریدها

۱۸۱ ۱۴-۴-۱- ساکاروز

۱۸۱ ۱۴-۴-۲- لاکتوز

۱۸۱ ۱۴-۴-۳- مالتوز

۱۸۲ ۱۴-۴-۴- سولوبیوز

۱۸۲ ۱۴-۵- پلی‌ساکاریدها

۱۸۲ ۱۴-۵-۱- سلولز

۱۸۳ ۱۴-۵-۲- نشاسته

۱۸۳ ۱۴-۵-۳- گلیکوژن

۱۸۳ ۱۴-۵-۴- کیتین

۱۸۵ فصل ۱۵. آمینو اسیدها و پپتیدها

۱۸۵ ۱۵-۱- آمینو اسیدها

۱۸۶ ۱۵-۲- آمینو اسیدهای استاندارد

۱۹۰ ۱۵-۳- خصوصیات اسیدی و بازی آمینواسیدها

۱۹۱ ۱۵-۴- نقطه ایزوالکتریک

۱۹۲ ۱۵-۵- روش‌های تهیه آمینواسیدها

۱۹۲ ۱۵-۵-۱- آمیناسیون کاهش

۱۹۳ ۱۵-۵-۲- آمیناسیون α - هالواسیدها

۱۹۳ ۱۵-۵-۳- سنتز استر

۱۹۴ ۱۵-۶- جداسازی آمینواسیدها

۱۹۴ ۱۵-۷- واکنش‌های آمینواسیدها

۱۹۴ ۱۵-۷-۱- استری کردن گروه کربوکسیلیک اسید

۱۹۵ ۱۵-۷-۲- آسپلاسیون گروه آمینی

۱۹۶ ۱۵-۷-۳- واکنش با نین‌هیدرین

۱۹۶	۱۵-۸- نامگذاری و ساختار پیوندها
۱۹۸	۱۵-۹- نامگذاری پیوندها
۱۹۹	۱۵-۱۰- اتصال دی سولفیدی
۲۰۱	مراجع

پیشگفتار

علم شیمی دائماً در حال پیشرفت بوده و هر روز مطالب جدیدی در آن به چشم می‌خورد و سالانه تعداد بسیار زیادی مقاله علمی در زمینه شیمی آلی در مجلات علمی مختلف ارائه می‌شود و از این مطالب برای تألیف کتاب‌های درسی استفاده می‌شود. کتاب‌های شیمی آلی متعددی به زبان فارسی اعم از ترجمه یا تألیف در سال‌های اخیر منتشر شده است، اما علاقه به شیمی آلی و تدریس و آموزش آن انگیزه‌ای شد تا نویسندگان قدم در این راه بگذارند.

با توجه به نبود کتاب شیمی آلی مفید برای رشته‌های مهندسی و کشاورزی در دانشگاه پیام‌نور و براساس تجربیات در تدریس متون شیمی آلی تصمیم به تألیف این کتاب گرفته‌ایم. از طرفی در نوشتن کتاب حاضر سعی شده تا حدودی عیوب پراکندگی مطالب در کتاب‌های موجود را برطرف نماییم و مطالب ارائه شده برای دانشجویان کلیه رشته‌های دارای واحد درسی شیمی آلی مخصوصاً رشته‌های مهندسی و کشاورزی مفید واقع گردد.

از خداوند بزرگ به خاطر اینکه فرصت کنونی را برای تألیف این کتاب به ما ارزانی داشت سپاسگزاریم. از کلیه اساتید و همکاران ارجمند و نیز دانشجویان عزیز تقاضا داریم تا با راهنمایی‌ها، تذکرات و پیشنهادات خود در رفع نواقص کتاب ما را یاری نمایند تا در چاپ‌های بعدی، این کتاب با نواقص کمتری عرضه گردد. از سرکار خانم کارگر که از ابتدا کار تایپ و ویرایش این کار را بر عهده داشته‌اند تشکر و

همچنین از سرکار خانم معطری که زحمت ویرایش و تصحیح مطالب را بر عهده داشته‌اند تشکر می‌نماییم. از کلیه افرادی که در مراحل متعدد تدوین و انتشار این اثر ما را یاری دادند قدردانی می‌کنیم.

دکتر عباس تیموری

دانشیار گروه شیمی دانشگاه پیام‌نور

دکتر علیرضا نجفی چرمهینی

استادیار دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی اصفهان

فصل اول

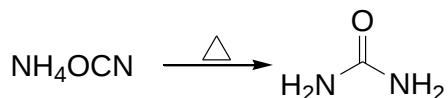
شیمی آلی

هدف‌های یادگیری

دانشجویان عزیز پس از مطالعه و یادگیری مطالب این فصل، فاهیم و اصطلاحات زیر را باید به خوبی بدانند و در صورت لزوم آن‌ها را به کار ببرند.

- ۱- چرا شیمی آلی مطالعه می‌شود؟
- ۲- ویژگی خاص کربن از چیست؟
- ۳- ساختار اتم و توزیع الکترون‌ها در اتم چگونه است؟
- ۴- انواع پیوندها
- ۵- پیوندهای یونی
- ۶- پیوندهای کووالانسی
- ۷- مفهوم بار قراردادی را بدانند.
- ۸- چگونگی رسم ساختار لوئیس
- ۹- مفهوم رزونانس را توضیح دهند.
- ۱۰- قواعد رسم ساختارهای رزونانس
- ۱۱- بررسی شکل چند مولکول ساده
- ۱۲- گشتاورهای دو قطبی
- ۱۳- اسیدها و بازها را توضیح دهند.
- ۱۴- نظریه لوری و برونشتد را توضیح دهند.
- ۱۵- نظریه لوئیس را توضیح داده و کاربرد آن را بدانند.

قبل از سال ۱۸۲۸، دانشمندان تمامی مواد جهان را به دو دسته آلی و معدنی تقسیم کرده بودند. مواد آلی موادی بودند که منشأ حیاتی داشته و از ارگانیک‌های زنده تهیه می‌شدند، مانند اوره، و مواد معدنی موادی بودند که منشأ حیاتی نداشته و در آزمایشگاه‌ها تهیه می‌شدند مانند نمک آمونیوم سیانات. سال ۱۸۲۸ دانشمند آلمانی به نام پروفسور فردریک وهرلر توانست اوره، که یک ماده آلی حاصل از متابولیسم پروتئین در پستانداران است و از بدن آن‌ها روزانه دفع می‌شود را از نمک آمونیوم سیانات تهیه کند.



برای نخستین بار یک ماده آلی از یک ماده معدنی بدست آمده بود، بنابراین برای شیمی آلی تعریف جدیدی مورد نیاز بود. امروزه شیمی آلی شیمی ترکیبات کربن نامیده می‌شود.

۱-۱- چرا شیمی آلی مطالعه می‌گردد؟

همه مولکول‌هایی که امکان حیات را ایجاد می‌کنند مانند پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها، همگی دارای کربن بوده و در نتیجه جزء مولکول‌های آلی می‌باشند. بنابراین با مطالعه شیمی آلی می‌توان ساختمان هریک از مولکول‌ها و واکنش‌های احتمالی آن‌ها را بررسی کرد. همچنین روش تهیه مولکول‌های آلی جدید و چگونگی به‌کارگیری این روش‌ها را آموخت. با نگاهی اجمالی به اطراف خودمان و نیازهای روزمره خود می‌بینیم که بیشتر مواد اطراف ما همانند غذا، داروها، البسه، و انرژی و... همه مواد آلی هستند. به این خاطر مطالعه شیمی آلی بسیار مفید و همچنین بسیار جالب می‌باشد.

۱-۲- ویژگی خاص کربن از چیست؟

پاسخ این مطلب در موقعیت کربن در جدول تناوبی است. کربن در مرکز ردیف دوم جدول تناوبی قرار دارد. اتم‌های قبل از اتم کربن در جدول تناوبی تمایل به از دست

دادن الکترون دارند، در حالی که اتم‌های سمت راست آن تمایل به جذب الکترون دارند. به دلیل اینکه کربن در وسط ردیف است، می‌تواند الکترون به اشتراک بگذارد. در واقع می‌تواند با مقدار زیادی از اتم‌ها به اشکال گوناگون واکنش دهد. این کار با به اشتراک گذاشتن الکترون‌هایش با سایر اتم‌ها ممکن است.

۳-۱- ساختار اتم

در شیمی آلی، کلید همه مفاهیم ساختار است. خواص یک ماده بر اتم‌های تشکیل دهنده آن و نحوه ارتباط آن‌ها با همدیگر وابسته است. قبل از اینکه بخواهیم در مورد پیوندهای شیمیایی بحثی داشته باشیم، بهتر است مروری بر ساختار اتم‌ها داشته باشیم. هر عنصر با یک عدد اتمی منحصر به فرد که با علامت Z نشان داده می‌شود و برابر با تعداد پروتون‌های هسته آن اتم می‌باشد، شناخته می‌شود. در یک اتم خنثی تعداد پروتون‌ها یا همان تعداد بار مثبت اتم با تعداد الکترون‌ها برابر است. علاوه بر پروتون‌ها، هسته دارای ذرات دیگری با بار خنثی می‌باشد که به آن‌ها نوترون گفته می‌شود. از لحاظ جرمی، جرم پروتون و نوترون تقریباً یکسان است و تقریباً ۱۸۰۰ برابر جرم الکترون می‌باشد. بنابراین بیشتر جرم اتم در هسته است. با این حال بیشتر حجم اتم به وسیله الکترون‌ها اشغال می‌گردد که البته همین الکترون‌ها، تشکیل دهنده پیوندهای شیمیایی هستند.

۱-۳-۱- توزیع الکترون‌ها در اتم

الکترون‌ها هر یک در فضای معین و با انرژی سینتیکی مشخص در اطراف هسته مدام در حال حرکت می‌باشند. برای تعیین فضای الکترون و انرژی آن دائماً نیاز به بررسی خواص الکترون می‌باشد. الکترون در ابتدا تصور می‌شد که تنها خاصیت ذره‌ای دارد، ولی دوبروی^۱ فیزیکدان فرانسوی نشان داد که الکترون خاصیت موجی نیز دارد. بر اساس خواص موجی ذره، تئوری به نام تئوری مکانیک کوانتومی ارائه شد. در سال ۱۹۲۶ اروین شرودینگر^۲ این تئوری را توسعه داد. براساس این تئوری، حرکت الکترون

1- Debroglie

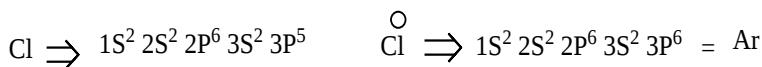
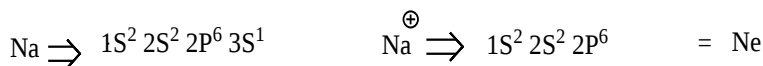
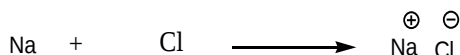
2- Erwin Schrodinger

اطراف هسته با معادلاتی به فرم معادلات موجی بیان می‌شود. حل این معادلات، معادلات موسوم به اوربیتال‌های اتمی را می‌دهد که احتمال یافتن الکترون در ناحیه معینی از فضا را به ما می‌دهد. این احتمال تابع انرژی الکترون است. به تابع موج هر الکترون اصطلاحاً اربیتال می‌گویند.

۱-۳-۲- انواع پیوندها

مولکول‌ها از اتصال اتم‌ها به یکدیگر حاصل می‌شوند. عامل اتصال اتم‌ها جاذبه بین ذرات باردار مثبت و منفی است که سبب تشکیل پیوند شیمیایی می‌شود. از برهمکنش بین اتم‌ها دو نوع پیوند شیمیایی تشکیل می‌شود که عبارتند از پیوند یونی و پیوند کوالانسی.

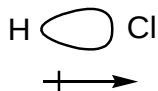
- **پیوند یونی:** پیوند یونی از انتقال یک یا چند الکترون از یک اتم به اتم دیگر حاصل می‌شود. از تشکیل پیوند یونی، دو یون با بار مخالف، یکی کاتیون و دیگری آنیون، ایجاد می‌شود. کاتیون، یونی با بار مثبت و آنیون، یونی با بار منفی است. کاتیون‌ها معمولاً از عناصر فلزی در سمت چپ جدول ایجاد می‌شوند که مستعد از دست دادن الکترون می‌باشند و آنیون‌ها از عناصر سمت راست جدول تناوبی ایجاد می‌شوند که مستعد دریافت الکترون هستند. پس از تشکیل پیوند یونی، هریک از اتم‌ها به آرایش گاز بی‌اثر قبل یا بعد از خود (تبعیت از قاعده هشت تایی) می‌رسند.



- **پیوند کوالانسی:** پیوند کوالانسی، از به اشتراک گذاشتن الکترون‌های اتم‌ها حاصل می‌گردد با این عمل اتم‌ها به آرایش گاز بی‌اثر قبل و بعد از خود می‌رسند و از این لحاظ پایدار می‌گردند. ساده‌ترین پیوند کوالانسی تشکیل پیوند H-H است:

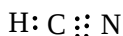
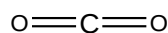


به این ترتیب اتم‌های هیدروژن با تشکیل مولکول هیدروژن به آرایش الکترونی گاز بی‌اثر He می‌رسند ولی C، O، N و بقیه عناصر ردیف دوم با به اشتراک گذاشتن الکترون‌ها به آرایش ۸ الکترونی می‌رسند که به آن قاعده ۸ تایی لوئیس گفته می‌شود. می‌توان گفت پیوند کوالانسی در بین سه گروه از اتم‌ها تشکیل می‌شود. گروه اول یکسان است. در اتم‌های یکسان امکان تشکیل پیوند یونی بسیار مشکل است و به انرژی زیادی جهت انتقال الکترون نیاز می‌باشد مثلاً برای تشکیل پیوند یونی بین دو اتم هیدروژن حدود ۳۰۰ کیلو کالری بر مول انرژی نیاز می‌باشد. برای همین بین هیچ کدام از هالوژن‌ها (F₂، Cl₂، Br₂، I₂) پیوند یونی تشکیل نمی‌شود. گروه دوم پیوند بین هیدروژن و هالوژن‌ها است. هیدروژن دارای IP بسیار زیاد است و مانع از تشکیل پیوند یونی می‌شود. گروه سوم عناصر نزدیک به وسط جدول تناوبی هستند. برای این عناصر از دست دادن و به دست آوردن الکترون برای رسیدن به گاز نجیب بعد یا قبل از خود بسیار مشکل است، زیرا باید الکترون زیادی از دست بدهند یا بگیرند، بنابراین این فرایند از لحاظ انرژی بسیار نامطلوب است. به عنوان مثال کربن باید ۴ الکترون از دست داده و تبدیل به C⁴⁺ شود تا به آرایش هلیم برسد و باید ۴ الکترون بدست آورد و تبدیل به C⁴⁻ شود تا به آرایش نئون برسد. پیوند کوالانسی می‌تواند غیر قطبی یا قطبی باشد. اگر دو اتم تشکیل دهنده پیوند یکسان باشند، به دلیل الکترونگاتیویته یکسان، پیوند غیر قطبی است. در پیوندهایی با اتم‌های غیر یکسان، یکی از اتم‌ها تمایل بیشتری جهت جذب الکترون‌ها، نسبت به هسته دیگر دارد. بنابراین توزیع بار نامتقارن گشته و یک دو قطبی پدید می‌آید. یک مثال در این زمینه مولکول هیدروژن کلرید است که بدلیل بیشتر بودن الکترونگاتیویته کلر نسبت به هیدروژن، تقارن بار از بین رفته و یک دو قطبی پدید می‌آید.

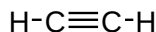
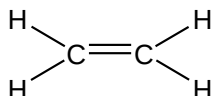


پیوند کوالانسی می‌تواند دارای دو الکترون (پیوند یگانه)، دارای چهار الکترون (پیوند دو گانه) و یا دارای شش الکترون (پیوند سه گانه) باشد، که همگی از نظریه لوئیس که در قسمت‌های بعدی در موردش صحبت می‌کنیم، تبعیت می‌کنند. به عنوان مثال دی اکسید کربن، CO₂، دارای دو پیوند کربن - اکسیژن به صورت دو

گانه می‌باشد که در آن قانون هشت تایی لوئیس هم رعایت گردیده‌است. مثال دیگر ترکیب هیدروژن سیانید است که در آن پیوند سه گانه بین کربن و نیتروژن برقرار است.



در شیمی آلی پیوندهای چند گانه بسیار متداول هستند و تعداد زیادی ترکیب با پیوند چندگانه شناسایی گردیده‌اند. از ساده‌ترین هیدروکربن‌ها در این زمینه اتیلن C_2H_4 و استیلن C_2H_2 می‌باشند.

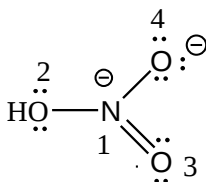


۴-۱- مفهوم بار قراردادی

یکی از مفاهیمی که در نظریه لوئیس مطرح می‌گردد، تعیین بار قراردادی روی اتم‌ها در یک مولکول است. الکترون‌هایی که دو اتم را با یک پیوند کووالانسی به هم متصل می‌نمایند، لایه ظرفیت دو اتم را پر می‌کنند و هنگام بررسی قاعده هشت تایی برای هر دو اتم، شمارش می‌شوند. هنگام محاسبه بار قراردادی، تنها نیمی از تعداد الکترون‌های پیوندهای کووالانسی را می‌توان به عنوان الکترون‌های یک اتم در نظر گرفت. نحوه محاسبه بار قراردادی روی یک اتم در پیوند کووالانسی به صورت زیر می‌باشد:

تعداد الکترون‌های غیر پیوندی - تعداد پیوندها - شماره گروه در جدول تناوبی = بار قراردادی

مثال: بار قراردادی را روی اتم‌های اسید نیتریک محاسبه نمایید.



بار قراردادی نیتروژن : $5-4-0 = +1$

بار قراردادی اکسیژن ۲ : $6-2-4 = 0$

بار قراردادی روی اکسیژن ۳ : $6-2-4 = 0$

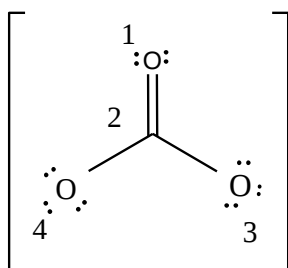
بار قراردادی روی اکسیژن ۴ : $6-1-6 = -1$

بار قراردادی هیدروژن $1-1-0 = 0$

بار قراردادی می تواند برای مولکول هایی با بار مثبت یا منفی نیز به کار برده شود.

مثال: بار قراردادی روی اتم های یون کربنات را محاسبه نمایید.

2-



بار قرار دادی کربن : $4-4-0 = 0$

بار قرار دادی اکسیژن : $6-2-4 = 0$

بار قرار دادی اکسیژن ۳ و ۴ : $6-1-6 = -1$

۱-۵- چگونگی رسم ساختارهای لوئیس

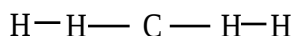
تعدادی قاعده ساده وجود دارد که به کمک آن ها می توان ساختار یک ترکیب را با تعداد

الکترون های آن به صورت صحیحی رسم کرد.

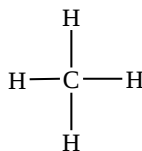
ساختار مولکولی و نحوه اتصال اتم ها به یکدیگر به صورت تجربی به دست می -

آید. این اطلاعات در صورت نیاز در مسئله داده خواهد شد. مثلاً در مورد متان می دانیم

که در آن اتم کربن به چهار اتم هیدروژن متصل است:



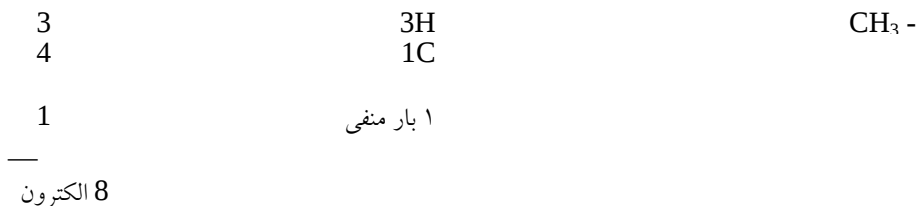
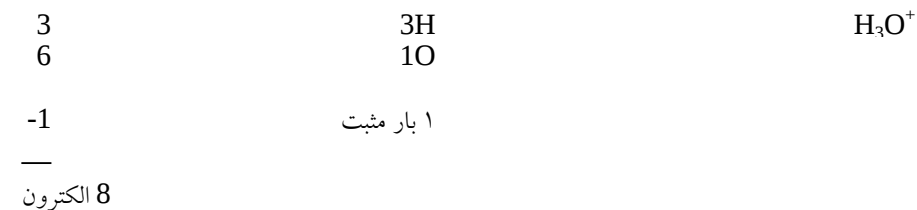
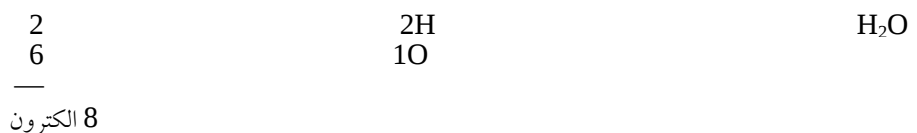
غلط



صحیح

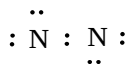
تعداد الکترون‌های ظرفیت کل اتم‌ها شمارش می‌گردد. سهم هیدروژن از الکترون ظرفیت ۱، کربن ۴، نیتروژن ۵، اکسیژن ۶ و . . است. در مورد ساختارهای باردار، باید دقت نمود به ازاء بار مثبت الکترون کم و به ازاء بار منفی به تعداد الکترون‌ها افزوده می‌شود.

چند مثال:

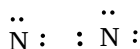


سپس کلیه پیوندهای کوالانسی توسط دو الکترون اشتراکی رسم گردد. تا حد امکان قاعده هشت تایی برای اتم‌ها باید رعایت گردد (به جز هیدروژن که دو الکترون نیاز دارد). تعداد الکترون‌های به‌کاربرده شده در رسم شکل باید با تعداد الکترون‌های محاسبه شده در قاعده هشت تایی یکسان باشد و الکترون‌های باقی‌مانده به‌صورت جفت الکترون غیریونندی قرار گیرند. گاهی اوقات الکترون‌های ظرفیت برای برقراری قاعده هشت تایی کافی نیست. در این موارد باید از پیوندهای دو گانه و سه گانه استفاده شود تا مولکول از قاعده هشت تایی تبعیت کند.

مثال: مولکول N_2



قاعده هشتایی رعایت نشده
پیوند یگانه



قاعده هشتایی رعایت نشده
پیوند دوگانه

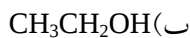


قاعده هشتایی رعایت شده
پیوند سه گانه

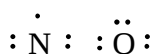
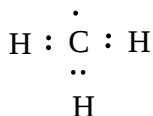
در نهایت باید بتوان بار قراردادی هر اتم را حساب کرد.

تمرین ۱- ساختار لوئیس مناسبی برای اتان (C_2H_6) رسم کنید.

تمرین ۲- ساختار لوئیس صحیح را برای مولکول‌های زیر رسم کنید.

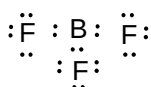


نکته‌ای که در اینجا باید به آن اشاره نمود این است که، قاعده هشت تایی همیشه صادق نیست. این قاعده تنها در مورد عناصر ردیف دوم، آن هم در صورتی که تعداد الکترون ظرفیت کافی داشته باشند صادق است. موارد استثناء به شکل زیر است:
- کلبه ساختارهایی که دارای الکترون فرد هستند. مثال‌ها شامل رادیکال متیل و رادیکال نیتروژن اکسید:



برخی عناصر ابتدائی ردیف دوم جدول تناوبی مثل مشتقات برلیم (Be) و مشتقات بور (B) دارای کمبود الکترون ظرفیت می‌باشند:

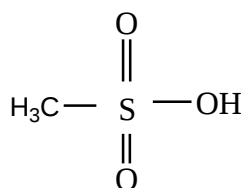
مثال BF_3 ، برای B در بورتری فلورید قاعده هشت تایی صدق نمی‌کند.



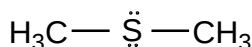
ترکیباتی که در دو دسته فوق جای می گیرند، از لحاظ واکنش پذیری بسیار فعالند که در جای خود در فصل های آینده توضیح داده خواهند شد.

در ردیف های پائین تر از ردیف دوم، عناصر ممکن است از الکترون های لایه های بالاتر از لایه های ظرفیت خود استفاده کنند (یا از ظرفیت لایه های بالاتر استفاده نمایند). به عنوان مثال گوگرد در جدول تناوبی پایین تر از اکسیژن قرار دارد و در سولفیدها و تیول ها قاعده هشت تایی آن رعایت می گردد، ولی در بسیاری از ترکیبات دیگر آلی مانند سولفات ها قاعده هشت تایی رعایت نمی گردد.

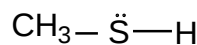
مثال :



متیل سولفونیک اسید (رعایت نشده، ۱۲ الکترون)



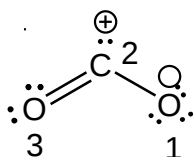
دی متیل سولفید (رعایت شده)



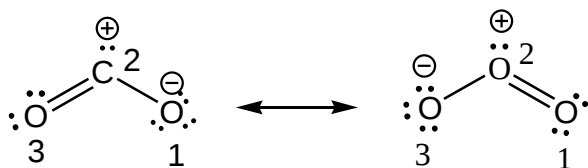
متیل تیول (رعایت شده)

۱-۶- مفهوم رزونانس

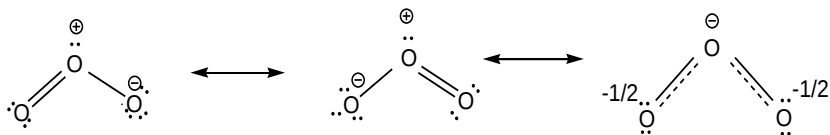
گاهی اوقات می توان برای یک مولکول بیشتر از یک ساختمان لوئیس رسم نمود، مخصوصاً برای ترکیب هایی که دارای پیوند دوگانه یا سه گانه و هسته هایی غیر از کربن و هیدروژن (هترو اتم ها) دارند. مثالی که احتمالاً در شیمی دبیرستان با آن آشنا شده ایم اوزون (O_3) است. اوزون در بالای جو به مقدار زیاد وجود دارد و با جذب امواج ماوراء بنفش، از ساکنان زمین محافظت می نماید. ساختار لوئیس اوزون با رعایت قاعده هشت تایی به شکل زیر است:



براساس این ساختار انتظار می‌رود که در اوزون دو نوع پیوند کربن-اکسیژن داشته باشیم، ولی در عمل براساس داده‌های تجربی طول پیوندهای کربن-اکسیژن در اوزون یکسان است، به این منظور نظریه رزونانس بین ساختارهای لوئیس برای توصیف واقعیت بالا ارائه گردیده است و برای اوزون دو ساختار لوئیس می‌توان رسم کرد که معادل هستند.



براساس این ساختارها می‌توان نتیجه گرفت که بار روی اکسیژن‌های موقعیت‌های ۱ و ۳ یکسان و منفی است. برای نمایش ساختارهای رزونانس از فلش دو سر استفاده می‌شود. باید توجه داشت که ساختارهای رزونانس، حالت‌های مجزا و واقعی نیستند و شکل واقعی مولکول به صورت میانگینی از کلیه ساختارهای رزونانس است.



۱-۷- قواعد ساختارهای رزونانس

در رسم ساختارهای رزونانس باید چند قانون زیر رعایت شود:

- در ساختارهای رزونانس جای اتم‌ها تغییر نمی‌کند، بلکه تنها موقعیت الکترون‌ها و بارها تغییر می‌کند.

- برای عناصری که در ردیف دوم قرار دارند، ساختارهایی با عدم رعایت قاعده هشت تایی، منجر به ساختارهایی ناپایدار شده و در نتیجه سهم آن‌ها در ساختارهای واقعی کمتر می‌گردد.

- با رعایت قاعده هشت تایی، ساختاری که کمترین جدایی بارهای متضاد را دارد، پایدارتر است.