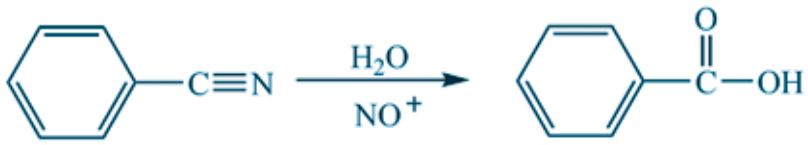
جایگاه مفهوم‌های بنیادی در آموزش شیمی

احمد خرم‌آبادی‌زاد، عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

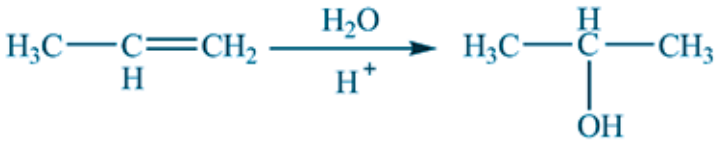
شاید در نخستین نگاه، پافشاری بر مفهوم‌های بنیادی به گفته‌ای، مته به خشخاش گذاشتن باشد. ولی زمانی مسئله، اهمیت خود را نشان می‌دهد که در مورد واکنش زیر، یک دانشجو در دفاع از پایان‌نامهٔ دکترای خود می‌گوید: «گروه نیتریل به گروه کربوکسیلیک اکسید شده است.»

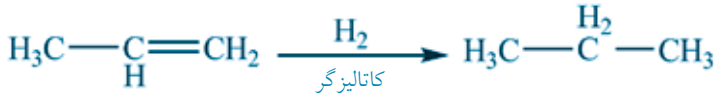
(۱) 

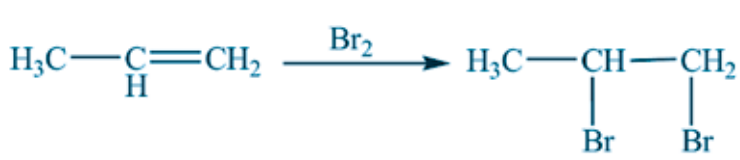
البته موضوع از این هم جالب‌تر است، چون بسیاری دیگر نیز از پاسخ‌گویی به پرسش‌هایی از این دست درمی‌مانند! برای دانشجوی یاد شده، پشتوانهٔ نتیجه‌گیری نادرست، عبارت از وجود یون NO^+ و به فراموشی سپرده‌شدن تعریف «اکسایش و کاهش» است! واقعیت این است که تبدیل گروه نیتریل به گروه کربوکسیلیک، یک واکنش آبکافت به‌شمار می‌آید و NO^+ تنها و تنها، نقش کاتالیزگر را بازی می‌کند. روشن است که تعریف اکسایش و کاهش نیاز به مفهوم بنیادی «درجهٔ اکسایش» یا «عدد اکسایش» دارد. در پی محاسبهٔ درجهٔ اکسایش است که می‌گوییم:

اکسایش (یا کاهش) زمانی رخ می‌دهد که درجهٔ اکسایش افزایش (یا کاهش) یابد.

برای پی‌بردن به اهمیت درجهٔ اکسایش و شیوهٔ محاسبهٔ آن، سه واکنش زیر را در نظر می‌گیریم، که از یک دیدگاه، همگی واکنش افزایشی به‌شمار می‌روند:

(۲) 

(۳) 



(٤)

اما از دیدگاهی دیگر، واکنش شماره ۲، تنها یک واکنش افزایشی و بدون تغییر درجهٔ اکسایش است و واکنش‌های شمارهٔ ۳ و ٤ به ترتیب، کاهش و اکسایش هستند. برای اینکه خواننده، به چگونگی این نتیجه‌گیری پی ببرد، تغییر درجهٔ اکسایش را برای هر دو طرف واکنش شمارهٔ ۱ حساب می‌کنیم.

چون ما در واکنش‌های آلی با اتم کربن سروکار داریم، باید درجهٔ اکسایش اتم کربنِ دستخوش تغییر را برای هر طرف واکنش، با توجه به این نکته‌ها محاسبه کنیم:

ـ برای هر پیوند کربن با اتم الکترونگاتیوتر از کربن، عدد ۱+،

ـ برای هر پیوند کربن با اتم الکتروپوزیتیوتر از کربن (از جمله هیدروژن)، عدد ۱– و

ـ برای هر پیوند کربن با اتم کربن دیگر (به دلیل عدم اختلاف الکترون‌خواهی) عدد صفر در نظر می‌گیریم.

اکنون همهٔ عددهای بالا را با هم جمع می‌کنیم تا عدد اکسایش به‌دست آید. البته اگر در یک ترکیب، بیش از یک اتم کربن، دستخوش تغییر شود، برای به‌دست آوردن عدد اکسایش کل، عدد اکسایش همهٔ اتم‌ها را جمع می‌بندیم.

برای روشن‌شدن موضوع، واکنش شمارهٔ ۲ را در نظر می‌گیریم و اتم‌های دستخوشِ تغییر را با نماد ستاره (*) مشخص می‌کنیم:

گروه CH و CH_2 در ترکیب اولیه به ترتیب، با یک اتم و دو اتم هیدروژن پیوند دارند؛ بنابراین درجهٔ اکسایش آنها نیز به ترتیب «۱–» و «۲–» خواهد بود (به یاد داشته باشید که برای هر پیوند کربن ـ کربن عدد صفر در نظر می‌گیریم که در جمع بستن بی‌اثر است). بنابراین، جمع درجهٔ اکسایش برای مادهٔ اولیه برابر خواهد بود با «۳–». در فراورده واکنش، گروه CH داری یک پیوند با اکسیژن، دو پیوند با کربن و یک پیوند با هیدروژن است که جمع عددهای مربوط به آنها، صفر «۰» می‌شود. از سوی دیگر، درجهٔ اکسایش گروه CH_3 که با سه هیدروژن و یک کربن پیوند دارد، عدد «۳–» خواهد بود. به این ترتیب، جمع درجهٔ اکسایش برای فراوردهٔ واکنش نیز «۳–» است؛ یعنی در واکنش شمارهٔ ۲ از مواد اولیه به فراورده، تغییر درجهٔ اکسایش رخ نداده است.

اکنون خواننده می‌تواند تغییر درجهٔ اکسایش را برای واکنش‌های ۱، ۳ و ٤ نیز حساب کند و دریابد که چرا این واکنش‌ها به ترتیب آبکافت، کاهش و اکسایش به‌شمار می‌روند.