

۱۶۲۱۴۱  
۹۷۲۱

# واکنش‌های اکسایش

و

# کاهش و شیمی آلی

تألیف

دکتر حسین رحمانی

عضو هیأت علمی سازمان پژوهش‌های  
علمی و صنعتی ایران

دکتر افسانه زنوزی

عضو هیأت علمی دانشگاه تهران



شماره مسلسل ۹۴۵۳

شماره انتشار ۳۹۲۱

### انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه  
عنوان و نام پدیدآور  
مشخصات نشر  
مشخصات ظاهری  
فروست  
شابک  
وضعیت فهرست‌نویسی  
یادداشت  
موضوع  
موضوع  
موضوع  
موضوع  
شناسه اف  
شماره فزوده  
رده‌بندی کنگ  
رده‌بندی دی‌ی  
شماره کتابخانه ملی

زنوزی، افسانه، ۱۳۴۰ -  
واکنشگرهای اکسایش و کاهش در شیمی آلی / تألیف افسانه زنوزی، حسین رحمانی.  
تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۶.  
۲۴۴ ص: مصور، نمودار.  
انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۹۲۱.  
978-964-03-7133-6  
فیبا  
کتابنامه.  
ترکیب‌های آلی - سنتز  
شیمی - آزمون‌ها و واکنشگرها  
مکانیسم‌های واکنش آلی  
شیمی آلی - آزمایش‌ها  
رحمانی، حسین، ۱۳۳۹ -  
دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات  
QD ۲۶۲/۹۰۲ ۱۳۹۷  
۵۴۷/۲  
۵۰۷۴۷۴۶

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های CD، DVD، کپی برداری از اینترنت، در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی دارد و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.

عنوان: واکنشگرهای اکسایش و کاهش در شیمی آلی  
تألیف: دکتر افسانه زنوزی - دکتر حسین رحمانی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۷

شمارگان: ۲۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

ISBN:978-964-03-7133-6



9 789640 371336

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

بها: ۱۸۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: [press@ut.ac.ir](mailto:press@ut.ac.ir) - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

بخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| پیشگفتار.....                                     | خ  |
| سخنی با دانشجویان.....                            | د  |
| فصل اول.....                                      | ۱  |
| اهمیت واکنش‌های اکسایش و کاهش.....                | ۱  |
| ۱-۱- مقدمه.....                                   | ۱  |
| ۱-۱-۱- گسست متقارن (موتیف) پیوند.....             | ۱  |
| ۱-۱-۲- گسست نامتقارن (مرولیت) پیوند.....          | ۲  |
| ۱-۱-۳- هسته‌دوست‌ها و الکترون‌دوست‌ها.....        | ۳  |
| ۱-۱-۴- مشخص کردن حالت‌های اکسایش.....             | ۴  |
| ۱-۲- واکنش‌های اکسایش و کاهش در اطراف.....        | ۵  |
| ۱-۲-۱- فرایندهای اکسایش-کاهش در آب‌های طبیعی..... | ۸  |
| ۱-۲-۲- میانجی‌ها و کاتالیزورها.....               | ۱۴ |
| ۱-۲-۳- نقش ویتامین‌ها در اکسایش و کاهش.....       | ۱۶ |
| منابع.....                                        | ۲۴ |
| فصل دوم.....                                      | ۲۵ |
| اکسایش.....                                       | ۲۵ |
| ۱-۲- مقدمه.....                                   | ۲۵ |
| ۱-۲-۱- کسیدکننده‌های حاوی منگنز (VII).....        | ۲۷ |
| ۱-۲-۲- پتاسیم پرمنگنات.....                       | ۲۷ |
| ۱-۲-۳- منگنز دی‌اکسید.....                        | ۳۸ |
| ۱-۳- اکسیدکننده‌های دارای کروم (VI).....          | ۴۰ |
| ۱-۳-۱- اکسایش الکل‌ها/ فنول‌ها.....               | ۴۲ |
| ۱-۳-۲- اکسایش آلکان‌ها.....                       | ۴۹ |

- ۴۹..... ۳-۳-۲- اکسایش آلکن‌ها.
- ۵۰..... ۴-۳-۲- اکسایش زنجیرهای جانبی و حلقه‌های آروماتیک.
- ۵۵..... ۴-۲- اکسایش با پراسیدها.
- ۵۶..... ۱-۴-۲- اکسایش آلکن‌ها.
- ۶۲..... ۲-۴-۲- اکسایش کتون‌ها.
- ۶۴..... ۳-۴-۲- اکسایش ترکیبات هتروسیکل نیتروژن‌دار.
- ۶۵..... ۵-۲- اکسیدکننده‌های دیگر.
- ۶۵..... ۱-۵-۲- اکسیژن.
- ۶۹..... ۲-۵-۲- اکسایش فتوشیمیایی به وسیله اکسیژن یکتایی (سینگلت).
- ۷۲..... ۲-۲-۲- رن.
- ۷۴..... ۴-۵-۲- پروکسیدها.
- ۷۷..... ۴-۵-۵-۲- پروکسیدها.
- ۸۱..... ۶-۵-۲- آلومینیوم، آلزوروبوکسید و آلومینیوم تری-۴- بوتوکسید.
- ۸۲..... ۷-۵-۲- سرب تترا است.
- ۸۴..... ۸-۵-۲- سلیوم دی‌اکسید.
- ۸۵..... ۹-۵-۲- آسمیوم تتراکسید.
- ۸۶..... ۱۰-۵-۲- پریدیک اسید.
- ۸۷..... ۱۱-۵-۲- پتاسیم پرسولفات.
- ۹۰..... ۱۲-۵-۲- نیتریک اسید.
- ۹۱..... ۱۳-۵-۲- دی متیل سولفوکسید.
- ۹۹..... ۱۴-۵-۲- نقره کربنات.
- ۱۰۲..... ۱۵-۵-۲- نقره (I) اکسید.
- ۱۰۳..... ۱۶-۵-۲- نقره (II) اکسید.
- ۱۰۳..... ۱۷-۵-۲- بیسموت اکسید.
- ۱۰۴..... ۱۸-۵-۲- هم‌جوشی با قلیا.
- ۱۰۵..... ۱۹-۵-۲- هالوژن‌ها - سدیم هیدروکسید.
- ۱۰۷..... ۲۰-۵-۲- ید-پیریدین.
- ۱۰۸..... ۲۱-۵-۲- ید و نقره کربوکسیلات‌ها.
- ۱۱۱..... ۲۲-۵-۲- برومو سوکسینیمید.

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| ۱۱۲ | ۲-۵-۲۳- روتنیوم تتراکسید                          |
| ۱۱۲ | ۲-۵-۲۴- تالیوم نیترات                             |
| ۱۱۹ | ۲-۵-۲۵- اکسایش برای آروماتیک شدن ترکیبات حلقوی    |
| ۱۲۳ | ۲-۵-۲۶- جیوه اکسید                                |
| ۱۲۳ | ۲-۵-۲۷- پتاسیم برومات                             |
| ۱۲۵ | ۲-۶- اکسایش‌های آنزیمی یا میکروبی (بیو-اکسایش‌ها) |
| ۱۳۲ | منابع                                             |

|     |                                                 |
|-----|-------------------------------------------------|
| ۱۳۷ | فصل سوم                                         |
| ۱۳۷ | کاهش                                            |
| ۱۳۷ | ۳-۱- مقدمه                                      |
| ۱۳۸ | ۳-۲- الف- هیدروژن‌دار کردن همگن (هتروژن)        |
| ۱۴۰ | ۳-۲-۱- کاهش آلکن‌ها                             |
| ۱۴۲ | ۳-۲-۲- کاهش آلکین‌ها                            |
| ۱۴۳ | ۳-۲-۳- کاهش ترکیبات آروماتیک                    |
| ۱۴۷ | ۳-۲-۴- کاهش آلدئیدها و کتون‌ها                  |
| ۱۴۷ | ۳-۲-۵- کاهش نیتریل‌ها، اکسیم‌ها و ترکیبات نیترو |
| ۱۴۹ | ۳-۲-۶- هیدروژنولیز                              |
| ۱۵۱ | ۳-۲-ب- هیدروژن‌دار کردن همگن (هموزن)            |
| ۱۵۴ | ۳-۳- کاهش با هیدریدهای فلزی                     |
| ۱۵۵ | ۳-۱-۳- لیتیم آلومینیوم هیدرید                   |
| ۱۵۸ | ۳-۲-۳- سدیم بوروهیدرید                          |
| ۱۵۹ | ۳-۳-۳- سدیم سیانو بورو هیدرید                   |
| ۱۶۱ | ۳-۴-۳- دی بوران                                 |
| ۱۶۲ | ۳-۴- کاهش با فلزات حل شده                       |
| ۱۶۲ | ۳-۴-۱- سدیم-الکل                                |
| ۱۶۵ | ۳-۴-۲- سدیم-آمونیاک مایع                        |
| ۱۶۶ | ۳-۴-۳- متیزیم                                   |
| ۱۶۷ | ۳-۴-۴- روی-هیدروکلریک اسید                      |

|     |                                                                     |
|-----|---------------------------------------------------------------------|
| ۱۶۷ | ۵-۳- کاهش با سایر واکنش‌گرهای کاهش‌دهنده                            |
| ۱۶۷ | ۳-۵-۱- هیدرازین                                                     |
| ۱۶۸ | ۳-۵-۲- دی-ایمید                                                     |
| ۱۷۱ | ۳-۵-۳- فرمیک اسید                                                   |
| ۱۷۲ | ۳-۵-۴- سیلان‌ها                                                     |
| ۱۷۳ | ۳-۵-۵- قلع کلرید                                                    |
| ۱۷۵ | ۳-۵-۶- قلع-هیدروکلریک اسید                                          |
| ۱۷۶ | ۳-۵-۷- روی-استیک اسید                                               |
| ۱۷۶ | ۳-۵-۸- روی-سدیم هیدروکسید                                           |
| ۱۷۷ | ۳-۵-۹- سدیم متابی سولفیت                                            |
| ۱۷۸ | ۳-۵-۱۰- سدیم تیوسولفات                                              |
| ۱۷۸ | ۳-۵-۱۱- منیرم-اتن                                                   |
| ۱۷۸ | ۳-۵-۱۲- سدیم هیدروکسید                                              |
| ۱۷۹ | ۳-۵-۱۳- قلع هیدریدها، تری‌متیل قلع هیدرید                           |
| ۱۸۰ | ۳-۵-۱۴- آلومینیوم قرمز، سدیم بیس (۲-متوکسی اتوکسی) آلومینیوم هیدرید |
| ۱۸۲ | ۳-۵-۱۵- روتگالیت، سدیم هیدروکسی متان سولفات                         |
| ۱۸۲ | ۳-۵-۱۶- سوپر هیدرید، لیتیم تری‌اتیل بوره هیدرید                     |
| ۱۸۳ | ۳-۵-۱۷- زیرکونوسن کلرید هیدرید، واکنش‌گر شواپز                      |
| ۱۸۴ | ۳-۵-۱۸- تترا متیل دی‌سیلوکسان                                       |
| ۱۸۷ | ۳-۵-۱۹- وازیسین                                                     |
| ۱۸۷ | ۳-۵-۲۰- نیترو بنزن سولفونیل هیدرازید                                |
| ۱۸۸ | ۳-۶- کاهش نوری                                                      |
| ۱۹۰ | ۳-۷- کاهش میکروبی یا آنزیمی (بیو-کاهش‌ها)                           |
| ۱۹۴ | منابع                                                               |

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| ۱۹۷ | پیوست‌ها                |
| ۱۹۷ | جدول‌های همبستگی اکسایش |
| ۲۱۳ | جدول‌های هم بستگی کاهش  |

## پیشگفتار

کتاب پیش‌رو با عنوان "واکنش‌های اکسایش و کاهش در شیمی‌آلی" به بررسی انواع واکنش‌های اکسایش و کاهش، عملکرد و ساز و کار تأثیر آن‌ها در واکنش‌های شیمی‌آلی می‌پردازد. تجربه سال‌ها تدریس روش‌های سنتز در شیمی‌آلی نشان داده است که در اغلب کتاب‌های شیمی‌آلی دارای مباحث اکسایش و کاهش، طبقه‌بندی فصل‌ها بر اساس تغییرات گروه‌های عاملی است. به عبارت دیگر در این زمینه کتاب‌ها چگونگی اکسایش یا کاهش گروه‌های عاملی به عنوان مبنای تقسیم‌بندی مناسب را نظر قرار گرفته شده‌اند، برای مثال چگونگی اکسایش الکل‌ها به آلدئیدها یا شیوه‌های احیای آلدئیدها به الکل‌ها بخش‌های زیر مجموعه الکل‌ها یا آلدئیدها هستند.

در این کتاب طبقه‌بندی مناسب بر اساس نوع واکنش‌گرها و چگونگی عملکرد آن‌ها در فرایندهای اکسایش و کاهش است. تلاش شده است تا مثال‌های ساده‌ای انتخاب شوند. تا جایی که ممکن بوده از ذکر واکنش‌های ترکیبات پیچیده اجتناب شده تا دنبال کردن فرایندهای اصلی مورد نظر با سهولت بیشتری انجام شود. تلاش ما بر استفاده از واژه‌ها و اصطلاحات فارسی به جای معادل‌های انگلیسی آن‌ها بوده است. با این حال تصمیم گرفتیم در تمام موارد آسان نبوده است. برای مثال به جای واژه "معرف" به عنوان معادل کلمه reagent، عبارت "واکنشگر" به کار برده شده است. هر چند که این عبارت هم‌معنی واژه reactant نیز هست. در انتشارات و گفتارهای علمی، در بسیاری از موارد، کلمه "معرف" به جای شناساگر و معادل با indicator مورد استفاده قرار می‌گیرد.

واکنش‌های اکسایش و کاهش در نظر گرفته شده در این کتاب، مجموعه‌ای از عوامل اکسید کننده (اکسنده) و احیا کننده (کاهنده)، کاتالیزورها و مواد آلی قابل اکسایش یا کاهش هستند. برخی از این عوامل مثل کاتالیزورهای ناهمگن، در جریان واکنش، دچار تغییرات شیمیایی هم می‌شوند؛ با این حال در انتقال‌های الکترونی و انجام واکنش‌های شیمیایی نقش‌های اساسی و مهم اصلی را دارند. بنابراین واکنش‌گرد!

این کتاب به منزله کتاب همراه برای دانشجویان شیمی‌آلی مفید است و می‌تواند برای انتخاب واکنش‌گرهای لازم راهنمایی‌های مؤثری در اختیار قرار دهد.

نویسندگان از پیشنهادهای ارزشمند دو تن از همکاران، که نسخه قبل از چاپ را ملاحظه نموده‌اند، بهره‌مند شده‌اند. خوانندگان محترم با ارائه نظرات اصلاحی ما را رهین منت خود می‌نمایند.