

سینتیک شیمیایی و مکانیسم واکنش‌ها

ویراست سوم

تألیف

دکتر تربیت زارع



۱۳۹۸



۷۲۷

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

سینتیک شیمیایی و مکانیسم واکنش‌ها

ویراست سوم

تألیف دکتر کریم زارع

ویراستار: اکبر شهبازی

حروف‌نگار و صفحه‌آرا: فریبا باباخانی

طراح جلد: آرمان خرمک

ناظر چاپ: صفر ممیزاد

چاپ اول: ۱۳۹۸

شمارگان: ۵۰۰

قیمت: ۷۰۰,۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

سرشناسه:	زارع، کریم، ۱۳۲۹-
عنوان و نام پدیدآور:	سینتیک شیمیایی و مکانیسم واکنش‌ها / کریم زارع؛ ویراستار اکبر شهبازی.
وضعیت ویراست:	ویراست سوم
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری:	نوزده، ۴۶۸ ص؛ مصور، جدول.
فروست:	مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۷۲.
شابک:	۹۷۸ ۹۶۴ ۴۵۷ ۴۴۴ ۳
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیا
یادداشت:	واژه‌نامه.
یادداشت:	کتابنامه.
یادداشت:	نمایه.
موضوع:	شیمی - واکنش‌ها - سرعت
موضوع:	Chemical Kinetics
شناسه افزوده:	دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات
شناسه افزوده:	Shahid Beheshti University. Printing & Publishing Center
رده‌بندی کنگره:	QD۵۰۲
رده‌بندی دیویی:	۵۴۱/۳۹۴
شماره کتابشناسی ملی:	۵۸۶۷۲۵۷

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

www.pub.sbu.ac.ir

unipress@mail.sbu.ac.ir

فهرست

تقریظ استاد دکتر فرخ محمدزاده فرحان.....	یازده
پیشگفتار ویراست دوم.....	پانزده
سخن آفرین.....	هفده
فصل اول.....	۳
سینتیک شیمی.....	۳
۱.۱. مکانیسم واکنش.....	۶
۲.۱. مولکولاریته.....	۷
واکنش‌های تک مرحله‌ای.....	۸
واکنش‌های دو مولکولی.....	۹
واکنش‌های سه مولکولی.....	۱۱
۳.۱. مکانیسم واکنش‌ها.....	۱۲
فصل دوم.....	۲۳
۱.۲. آشنایی با معادله سرعت.....	۲۳
۲.۲. مرتبه واکنش.....	۲۷
۳.۲. ثابت سرعت.....	۲۸
۴.۲. روش یافتن ثابت سرعت و مرتبه واکنش.....	۲۹
۵.۲. معادله سرعت مرتبه اول.....	۳۰
۶.۲. معادلات کلی مرتبه دوم.....	۳۱
۷.۲. معادلات سرعت برای واکنش‌های مرتبه سوم.....	۳۳
فصل سوم.....	۴۷
روش تعیین مرتبه واکنش.....	۴۷
۱.۳. روش جایگزینی.....	۴۷
۲.۳. روش ترسیمی.....	۴۹
۳.۳. روش برخه عمر.....	۵۵
۴.۳. روش دیفرانسیلی و انتیفر.....	۵۹
۵.۳. روش مقادیر اضافی (روش استوالد).....	۶۳

۶۴	۶.۳. روش‌های تجربی برای تعیین سرعت واکنش‌ها
۶۵	الف) روش دیفرانسیلی
۶۵	ب) روش انتگرال‌گیری
۶۹	فصل چهارم
۶۹	معادلات سرعت برای واکنش‌های پیچیده
۶۹	۱.۴. واکنش‌های پیچیده
۷۰	۲.۴. واکنش‌های متقابل
۷۱	۱.۲.۴. واکنش متقابل مرتبه اول
۷۴	۳.۴. واکنش‌های سریع
۷۴	الف) روش اختلال
۷۴	ب) روش رقابتی
۷۵	۱.۳.۴. روش جریان
۷۵	۲.۳.۴. روش آسایش
۷۹	الف) جهش دما
۸۰	ب) جهش فشار
۸۰	ج) ضربان میدان الکتریکی
۸۲	۴.۴. واکنش‌های متوالی یا پی‌در پی
۸۸	۵.۴. واکنش‌های موازی
۹۵	۶.۴. واکنش‌های زنجیری
۹۶	الف) مرحله آغاز زنجیر
۹۶	ب) مرحله پیشرفت زنجیر
۹۶	ج) مرحله خاتمه زنجیر
۹۸	۱.۶.۴. واکنش‌های زنجیری راست یا خطی
۱۰۱	۲.۶.۴. واکنش‌های زنجیری شاخه‌دار یا انشعابی
۱۰۶	۳.۶.۴. تجزیه حرارتی استالدئید
۱۰۹	۴.۶.۴. پلیمری شدن افزایشی
۱۰۹	۵.۶.۴. سینتیک واکنش‌های پلیمر شدن
۱۱۳	فصل پنجم
۱۱۳	۱.۵. وابستگی سرعت واکنش‌های شیمیایی به دما
۱۱۷	۲.۵. مفهوم انرژی فعالسازی
۱۲۱	۳.۵. نظریه سرعت واکنش‌ها
۱۲۲	۴.۵. روش محاسبه تعداد برخورد مولکول‌ها

۱۲۵..... ۵.۵. برخوردهای مؤثر و سرعت واکنش

۱۳۱..... ۵.۶. نارسایی نظریه برخوردها

۱۳۷..... فصل ششم

۱۳۷..... ۶.۱. کاتالیزور

۱۴۰..... ۶.۲. کاتالیز همگن

۱۴۳..... ۶.۳. کاتالیز ناهمگن

۱۴۴..... ۶.۴. جذب سطحی

۱۴۶..... ۶.۵. مکانیسم گاز - جامد

۱۴۸..... ۶.۶. کاتالیزور آنزیمی

۱۵۶..... ۶.۷. آنزیم

۱۵۷..... ۶.۸. مکانیسم واکنش آنزیمی

۱۶۳..... فصل هفتم

۱۶۳..... ۷.۱. نظریه واکنشهای تکر مولکولی

۱۶۴..... ۷.۲. نظریه لیندمان (تأیید)

۱۶۷..... ۷.۳. توسعه نظریه لیندمان

۱۷۱..... ۷.۴. نظریه حالت گذار (نظریه حالت مطلق)

۱۷۵..... فصل هشتم

۱۷۵..... ۸.۱. نظریه سرعت مطلق

۱۷۹..... ۸.۲. واکنشها در محلول

۱۸۱..... ۸.۳. نظریه «حالت گذار» جهت واکنشهای مایع

۱۸۳..... ۸.۴. مقایسه نتایج حاصل از نظریه برخوردها با نظریه حالت گذار

۱۸۴..... ۸.۵. واکنشهای یونی

۱۸۵..... ۸.۵.۱. ماهیت حلال

۱۸۸..... ۸.۵.۲. ماهیت یونها

۱۸۹..... ۸.۵.۳. قدرت یونی محلول

۱۹۵..... ۸.۶. مکانیسم در مورد واکنشهایی که توسط آنزیم کاتالیز می‌شوند

۲۰۱..... فصل نهم

۲۰۱..... ۹.۱. واکنش در سطوح و در حالت جامد

۲۰۲..... ۹.۲. جذب سطحی

۲۰۳..... ۹.۳. سطوح مایع

۲۰۵..... ۹.۴. جذب سطحی در محلولها

۲۰۸..... ۹.۵. انواع جذب سطحی گاز در جامد

۲۱۱	۶.۹ گرمای جذب سطحی
۲۱۵	۷.۹ تعیین مساحت سطوح
۲۱۸	۸.۹ همدمای جذب سطحی
۲۱۹	۹.۹ همدماهای جذب لانگمور
۲۲۹	فصل دهم
۲۲۹	۱.۱۰ مکانیسم واکنش‌ها در محلول
۲۳۱	۲.۱۰ طریقه دوم اسپکتروفتومتری UV یا فرابنفش
۲۳۱	۳.۱۰ اسپتروفتومتری با جریان ایستاده
۲۳۲	۴.۱۰ اسپتروفتومتری
۲۳۵	۵.۱۰ معادله سینتیکی
۲۴۰	۶.۱۰ مطالعات ترمودینامیک
۲۴۹	۷.۱۰ مطالعات سینتیک
۲۶۰	۸.۱۰ کاربرد سینتیک ترمال در اندازه‌گیری فلزات واسطه در مخلوط آنها
۲۶۵	فصل یازدهم
۲۶۵	۱.۱۱ مفاهیم سینتیک شیمیایی و درامیک
۲۶۷	۲.۱۱ پراکندگی پرتو مولکولی
۲۶۷	۳.۱۱ سطوح انرژی پتانسیل
۲۶۸	۴.۱۱ مختصات درونی و شیوه‌های طبیعی ارتعاش
۲۶۸	۵.۱۱ سطوح انرژی پتانسیل
۲۷۳	ضمیمه‌ها
۲۷۵	ضمیمه ۱
۲۸۹	ضمیمه ۲
۳۰۱	ضمیمه ۳
۳۱۱	ضمیمه ۴
۳۱۹	ضمیمه ۵
۳۳۹	آثار علمی نویسنده
۴۵۷	کتابنامه
۴۵۹	واژه‌نامه فارسی-انگلیسی
۴۶۳	واژه‌نامه انگلیسی-فارسی
۴۶۷	نمایه

پیشگفتار ویراست دوم

مطالعه جنبش نرم افزاری و ضرورت حرکت در جهت تولید علم با توجه به مسیری که ما را به قله دانایی رهنمود می‌سازد، مسئولیت همه محققان دلسوز می‌باشد تا تالیف و یا ترجمه کتاب‌های بنیادی می‌تواند یکی از گام‌های مهم رشد و توسعه باشد. امروزه سینتیک شیمیایی در تمام شاخه‌های علوم مانند فیزیک، داروسازی، مکانیک، شیمی معدنی، شیمی آلی، باستان‌شناسی، مهندسی محیط زیست، کشاورزی، مهندسی شیمی، زیست‌شناسی، الکتروشیمی، تصفیه آب، زمین‌شناسی و حتی روانشناسی کاربردهای وسیعی پیدا کرده است. یکی از تازمانند بسیار جذاب سینتیک در مورد مطالعه فرآیندهای اتمسفر زمین بویژه موضوع به وجود آمدن لایه اوزون و مکانیسم آنرا برای ما روشن می‌کند، در روش‌های صنعتی از تهیه ساده‌ترین مواد شیمیایی گرفته تا جلوگیری از آلودگی هوا و مطالعه کاتالیست‌ها کاربردهای عملی دارد به همین دلیل سینتیک شیمیایی در حال حاضر از سطح ماکروسکوپی عبور نموده و به بیای میکروسکوپی وارد شده است و دینامیک شیمیایی جایگاه خاصی یافته است.

با عنایت به مطالب بالا سینتیک شیمیایی یکی از مسوئلیت مهم شیمی فیزیک است که برای آگاهی کامل از چگونگی و مکانیسم فرآیندهای شیمیایی ضروری بوده و جایگاه ویژه‌ای دارد.

رشد و توسعه سینتیک شیمیایی بویژه مطالعه واکنش سریع در سال‌های اخیر قابل توجه بوده و در این چند سال مطالعه سرعت این گونه واکنش برای پیش‌بینی مکانیسم واکنش‌ها، گسترش بسیار قابل توجهی داشته است. سینتیک واکنش‌های شیمیایی علاوه بر آنکه اصول انجام فرآیند شیمیایی و مکانیسم آنرا برای ما روشن می‌کند، در روش‌های صنعتی از تهیه ساده‌ترین مواد شیمیایی گرفته تا جلوگیری از آلودگی هوا کاربرد عملی دارد. در فصل آخر این کتاب، علاوه بر اصول سینتیک پیشرفته و مطالعاتی که درباره واکنش‌های ویژه انجام گرفته است، نمونه‌هایی از کاربردها و پژوهش‌های جدید را ارائه کرده است.

در پایان شایسته است از مساعدت‌های ریاست محترم دانشگاه شهید بهشتی جناب آقای دکتر شعبانی و کلیه عزیزانی که نام‌هایشان در مقدمه چاپ اول ذکر گردیده و همچنین جناب آقای دکتر صالحی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه، جناب آقای دکتر نبید، جناب آقای دکتر جان‌زاده، آقای شهبازی و سرکارخانم صیادیان که اینجانب را در امور تجدید چاپ این کتاب یاری نموده‌اند تشکر و سپاسگزاری نمایم. ضمناً از همکاران عزیز حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه و دیگر اساتید محترمی که راجع به کتاب اظهار نظر نموده و یا خواهند نمود نیز قدردانی می‌نماید.

با آرزوی توفیق الهی

دکتر کریم زارع

استاد دانشگاه شهید بهشتی

پاییز ۱۳۸۸