

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۲۲۰۶۷۱

۱۴۰۹/۲

اصول شیمی پلیمر

تألیف:

دکتر سید هزیر بهرامی

استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

پاییز ۱۴۰۰

سرشناسه	بهرامی، سید هژیر، ۱۳۳۹-
عنوان و نام پدیدآور	اصول شیمی پلیمر / تألیف سید هژیر بهرامی.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	۵۷۴ ص.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۳۹-۸ :
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه.
یادداشت	نمایه.
موضوع	پلیمریزاسیون.
موضوع	Polymerization :
موضوع	پلیمرها.
موضوع	Polymers :
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر.
شناسه افزوده	Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic). Publishing : Center.
رده بندی کنگره	QD ۲۸۱ :
رده بندی دیویی	۵۴۷/۷ :
شماره کتابشناسی ملی	۸۲۱۸۵۸۷ :



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۹/۰۶/۲۳ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.

عنوان کتاب	اصول شیمی پلیمر :
تألیف	سید هژیر بهرامی :
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	پاییز ۱۴۰۰ :
قیمت	۱۵۰۰۰۰ تومان :
تیراژ	۵۰ :
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۳۹-۸ :
	ISBN : 978-964-463-839-8

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست

صفحه	عنوان
I	پیشگفتار
۱	فصل یکم مقدمه و تعاریف
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ تاریخچه
۸	۳-۱ تعاریف
۱۵	۴-۱ طبقه‌بندی
۱۵	۱-۴-۱ پلیمرهای مصنوعی و طبیعی
۱۶	۲-۴-۱ طبقه‌بندی بر اساس شکل مولکول
۱۸	۳-۴-۱ هموپلیمرها و کوپلیمرها
۱۹	۱-۳-۴-۱ کوپلیمرهای اتفاقی یا راندوم
۲۰	۲-۳-۴-۱ کوپلیمرهای منظم
۲۰	۳-۳-۴-۱ کوپلیمرهای بلوکی یا دسته ای
۲۰	۴-۳-۴-۱ کوپلیمرهای پیوندی یا گرفت
۲۱	۵-۳-۴-۱ پلیمرهای ستاره‌ای
۲۱	۴-۴-۱ پلاستیک، الاستومر، الیاف
۲۲	۵-۴-۱ پلیمرهای آلی و معدنی
۲۴	۶-۴-۱ پلیمرهای زنجیر یک‌جور و زنجیر نایک‌جور
۲۴	۷-۴-۱ پلیمریزاسیون‌های زنجیری و مرحله‌ای
۲۵	۵-۱ نام‌گذاری پلیمرها
۳۰	مسائل
۳۴	منابع
۳۷	فصل دوم مبانی ساختاری، پدیده انتقال و وزن مولکولی
۳۷	۱-۲ نظم فضایی در پلیمرها
۳۸	۱-۱-۲ ایزومرهای نوری

۴۰	۲-۱-۲ ایزومرهای هندسی
۴۱	۲-۲ وزن مولکولی پلیمرها
۴۲	۲-۲-۱ میانگین عددی وزن مولکولی
۴۴	۲-۲-۲ میانگین وزنی وزن مولکولی
۴۶	۲-۲-۳ توزیع وزن مولکولی پلیمرها
۴۸	۲-۲-۴ روش‌های اندازه‌گیری وزن مولکولی
۴۸	۲-۲-۴-۱ روش گرانروی سنجی (ویسکومتری)
۵۲	۲-۲-۴-۲ روش کروماتوگرافی ژل تراوا (GPC)
۵۴	۲-۲-۴-۳ روش پراش نور
۵۶	۲-۲-۴-۴ روش فوق سانتریفوژ
۵۸	۲-۲-۴-۵ اسمومتری غشایی
۶۰	۲-۲-۴-۶ آنالیز گروه‌های انتهایی
۶۲	۳-۲ محلول‌های پلیمری
۶۶	۳-۲-۱ دمای انتقال شیشه‌ای T_g
۶۹	۳-۲-۲ انتقال و خواص مربوط به آن
۷۲	۳-۲-۳ اثر فاکتورهای ساختمانی بر T_g
۷۸	مسائل
۸۷	مراجع
۸۹	فصل سوم پلیمریزاسیون زنجیری رادیکالی
۸۹	۳-۱ مقدمه
۹۰	۳-۲ پلیمریزاسیون زنجیری رادیکالی
۹۰	۳-۲-۱ آغازگرهای مصرفی در پلیمریزاسیون زنجیری رادیکالی
۹۷	۳-۲-۲ واکنش پلیمریزاسیون‌های زنجیری رادیکالی
۱۰۲	۳-۲-۳ سینتیک پلیمریزاسیون زنجیری رادیکالی
۱۰۷	۳-۲-۴ رابطه آهنگ پلیمریزاسیون با غلظت آغازگر و مونومر
۱۰۸	۳-۲-۵ آغازگری توسط پرتو نور
۱۱۰	۳-۲-۵-۱ سینتیک پلیمریزاسیون آغازگری شده با آغازگر نوری
۱۱۲	۳-۲-۶ روش اندازه‌گیری آهنگهای پلیمریزاسیون
۱۱۶	۳-۲-۷ معادله طول زنجیر سینتیکی
۱۱۷	۳-۲-۷-۱ میانگین طول عمر زنجیر سینتیکی
۱۱۸	۳-۲-۸ درجه پلیمریزاسیون

۱۲۰	۹-۲-۳ بازدهی آغازگرها در پلیمریزاسیون زنجیری رادیکالی
۱۲۰	۱-۹-۲-۳ اثر قفس
۱۲۳	۲-۹-۲-۳ روشهای تعیین k_t
۱۲۳	۱۰-۲-۳ انتقال زنجیر
۱۲۹	۱۱-۲-۳ سینتیک انتقال زنجیر
۱۳۱	۱-۱۱-۲-۳ انتقال زنجیر به مونومر و آغازگر و تعیین C_M و C_I
۱۳۳	۲-۱۱-۲-۳ تعیین انتقال زنجیر به حلال C_S
۱۳۵	۱۲-۲-۳ بازدارنده ها و تاخیراندازها
۱۳۸	۱-۱۲-۲-۳ سینتیک پلیمریزاسیون بازدارنده شده
۱۴۲	۱۳-۲-۳ دمای سقف
۱۴۲	۱۴-۲-۳ پدیده خود تسریعی
۱۴۴	۱۵-۲-۳ پلیمریزاسیون رادیکالی زنده
۱۴۷	۱-۱۵-۲-۳ پلیمریزاسیون با واسطه نیتروکسید (NMP)
۱۵۰	۲-۱۵-۲-۳ پلیمریزاسیون انتقال اتم (ATRP)
۱۵۶	۳-۱۵-۲-۳ انتقال به زنجیر افزایشی - جهاشدنی برگشتپذیر (RAFT)
۱۶۰	مسائل
۱۶۵	مراجع
۱۷۳	فصل چهارم پلیمریزاسیون یونی
۱۷۳	۱-۴ مقدمه
۱۷۸	۲-۴ پلیمریزاسیون آنیونی
۱۷۹	۱-۲-۴ آغاز توسط حمله هسته دوستی
۱۸۰	۲-۲-۴ آغاز توسط انتقال الکترون
۱۸۵	۳-۲-۴ سینتیک پلیمریزاسیون آنیونی
۱۸۷	۱-۳-۲-۴ انتشار همزمان و خاتمه
۱۸۹	۲-۳-۲-۴ درجه پلیمریزاسیون کاتیونی
۱۹۰	۳-۴ پلیمریزاسیون کاتیونی
۲۰۰	۱-۳-۴ سینتیک پلیمریزاسیون کاتیونی
۲۰۲	۲-۳-۴ درجه پلیمریزاسیون کاتیونی
۲۰۳	۴-۴ پلیمریزاسیون انتقال گروه
۲۰۵	مسائل
۲۰۶	مراجع

پیشگفتار

بسیاری از اندیشمندان تحولات و پیشرفت‌های اتفاق افتاده در علوم و تکنولوژی در قرن بیستم را معادل با تمامی اتفاقات رخ داده در قرن‌های قبل از آن می‌دانند. پیشرفت‌هایی که در شیمی اتفاق افتاد نیز از این قاعده مستثنا نیست. شاید بتوان یکی از این تحولات شگرف را در شناخت و توسعه و تولید پلیمرها دانست که دروازه جدیدی را به روی بشر برای دستیابی به مواد جدید با قابلیت‌های ویژه گشود. پلیمرها موادی هستند که علاوه بر منابع طبیعی می‌توانند به صورت گسترده‌ای به صورت مصنوعی سنتز گردند، و خواص بسیار متنوعی دارند، از پلیمرهایی که سبک‌تر از آب هستند تا پلیمرهایی که قابلیت استفاده در دمای بالا را دارا می‌باشند. پلیمرهایی با سختی و یا انعطاف پذیری متفاوت تا پلیمرهایی که به صورت سیال بوده و قابلیت تبدیل شدن به جسمی صلب با خواص مکانیکی بالا را دارا هستند.

شیمی این مواد نیز در طی قرن گذشته شناخته شده و دانشمندان زیادی در توسعه این علم نقش داشته‌اند. زحمات آن‌ها بسیار ارزشمند و قابل تعمق است زیرا این فهم و درک و شناخت این مواد بود که امکان انجام واکنش‌های پلیمریزاسیون و اتصال واحدهای کوچک مونومری به یکدیگر را فراهم نمود تا درشت مولکول‌هایی که امروزه بخش جدانشدنی از زندگی است را سنتز نمایند. از آنجایی که اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها جزء اصلی برای حیات هستند شاید بتوان به درستی اعلام کرد که حیات و زندگی با پلیمرها آغاز گردیده است و امروزه پلیمرها هستند که امکان تولید محصولات مختلف و متنوع با قابلیت‌های ویژه را به بشر داده‌اند. از این رو در هر گوشه از زندگی بشر در قرن حاضر می‌توان اثر پلیمرها و وجود آن‌ها را به راحتی احساس نمود.

کتاب حاضر مشتمل بر ۹ فصل می‌باشد. فصل اول در مقدمه به معرفی و تعریف پلیمرها پرداخته شده است و طبقه بندی پلیمرها با توجه به ویژگی آن‌ها آورده شده است. در فصل دوم مبانی ساختاری، پدیده انتقال و وزن مولکولی پلیمرها و روش‌های تعیین وزن مولکولی پلیمرها آورده شده است. جستاری نیز در خصوص رفتار حرارتی و محلول‌های پلیمری بیان گردیده است. در فصل سوم پلیمریزاسیون زنجیری رادیکالی مورد بحث قرار گرفته و در فصل چهارم پلیمریزاسیون‌های یونی شامل آنیونی و کاتیونی شرح داده شده‌اند. در فصل پنجم پلیمریزاسیون‌های کوئوردیناسیونی آورده شده است. در فصل ششم پلیمریزاسیون‌های مرحله‌ای و در فصل هفتم انواع کوپلیمریزاسیون‌ها شرح داده شده است. در فصل هشتم سنتز انواع پلیمرها و در فصل

نهم شیوه سنتز پلیمرها شرح داده شده است. به منظور درک بهتر موضوعات نیز مسائل و حل آنها ارائه گردیده است

امید است این کتاب بتواند برای دانشجویان مقاطع مختلف تحصیلی در رشته‌های شیمی، مهندسی پلیمر، مهندسی نساجی، مهندسی شیمی، مهندسی پزشکی و کلیه رشته‌هایی که نیاز به اطلاعات در خصوص سنتز پلیمرها دارند مفید باشد. علیرغم تمام تلاش هنگام نگارش تایپ و ویراستاری این کتاب احتمال اشتباه وجود دارد لذا از خوانندگان محترم تقاضا می‌گردد در صورت مشاهده مواردی اینجانب را مطلع نمایند. از کلیه دانشجویان که در تصحیح این کتاب کمک نموده‌اند قدردانی می‌گردد.

سید هژیر بهرامی

استاد دانشگاه صنعتی امیر کبیر

www.ketab.ir