



مبانی مهندسی پلیمریزاسیون

(جلد پنجم)

نانوپلیمرها و نانوکامپوزیت‌های پلیمری

(ویرایش دوم)

تألیف:

پروفسور وحید حدادی اصل

استاد دانشکده مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

استاد نمونه کشوری

تابستان ۱۴۰۱

سرشناسه	: حدادی اصل، وحید، ۱۳۴۳ -
عنوان و نام پدیدآور	: مبانی مهندسی پلیمریزاسیون / تألیف وحید حدادی اصل.
وضعیت ویراست	: ویراست ۲.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۰ -
مشخصات ظاهری	: ج ۴.
شابک	: ۱۸۰۰۰۰ ریال: ج ۱: ۴-۱۱۸-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸: ۲۶۰۰۰۰ ریال (ج ۱، چاپ ششم): ۱۰۰۰۰۰ ریال: ج ۲، چاپ چهارم: ۱۲۵-۲-۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳: ۱۴۰۰۰۰ ریال (ج ۲، چاپ ششم): ۱۳۹۰۰۰۰ ریال (ج ۲، چاپ پنجم): ۱۷۰۰۰۰ ریال: ج ۴ چاپ سوم ۷-۵۳۹-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸، ج ۵ ۷-۸۶۵-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فا یا
یادداشت	: ج ۱ (چاپ پنجم: ۱۳۹۰)
یادداشت	: ج ۱ (چاپ ششم: تابستان ۱۳۹۲)
یادداشت	: ج ۲ (چاپ چهارم: ۱۳۹۰) (فیبا)
یادداشت	: ج ۲ (چاپ پنجم: زمستان ۱۳۹۱)
یادداشت	: ج ۲ (چاپ ششم: زمستان ۱۳۹۲)
یادداشت	: ج ۴ (چاپ سوم: ۱۳۹۲) (فیبا)
مندرجات	: ج ۱. تکنولوژی پلیمرها، -- ج ۲. واکنش های پلیمریزاسیون، -- ج ۴. طراحی راکتورهای پلیمری -- ج ۵. نانوپلیمرها و نانو کامپوزیت های پلیمری.
موضوع	: پلیمریزاسیون.
موضوع	: پلیمرها.
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر.
شناسه افزوده	: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Publishing : Center.
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ ق ۴۸۵/پ TP۱۵۶
رده بندی دیویی	: ۶۶۸/۹
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۵۳۱۲۳۲

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۹/۱۱/۲۶ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: مبانی مهندسی پلیمریزاسیون : جلد پنجم : نانوپلیمرها و نانوکامپوزیت های پلیمری (ویرایش دوم)
تألیف	: وحید حدادی اصل
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لینتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: تابستان ۱۴۰۱
قیمت	: ۳۲۵۰۰۰ تومان
تیراژ	: ۱۰۰
شابک	: ۷-۸۶۵-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸ ISBN : 978-964-463-865-7

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 مطالب

XV	پیشگفتار.....
۱	بخش اول: پلیمریزاسیون نانوذرات پلیمری.....
۳	فصل اول: نانوفناوری.....
۳	۱-۱ مقدمه.....
۶	۲-۱ اهمیت نسبت سطح به حجم در دنیای نانو.....
۹	۳-۱ نانومتر.....
۱۰	۴-۱ دلایل اهمیت مقیاس نانو.....
۱۱	۵-۱ دلایل تغییر خواص در ابعاد نانو.....
۱۲	۶-۱ نانوذرات.....
۱۳	۷-۱ روش‌های ساخت نانوذرات.....
۱۳	۱-۷-۱ روش بالا به پایین.....
۱۳	۲-۷-۱ روش پایین به بالا.....
۱۴	۸-۱ کاربردهای نانوفناوری در صنایع پلیمری.....
۱۵	۹-۱ پلیمریزاسیون سامانه‌های نانوپلیمری.....
۱۷	۱۰-۱ ساختمان و روش تشکیل نانوامولسیون‌ها.....
۱۸	۱-۱۰-۱ دستگاه‌های تهیه نانوامولسیون.....
۱۸	۲-۱۰-۱ مزایای نانوامولسیون‌ها بر امولسیون‌ها.....
۲۱	۱۱-۱ مراجع.....
۲۳	فصل دوم: پلیمریزاسیون‌های مینی‌امولسیون.....
۲۳	۱-۲ مقدمه.....
۲۶	۲-۲ ویژگی پلیمریزاسیون‌های مینی‌امولسیونی.....
۲۷	۳-۲ نقش عوامل سطحی در پلیمریزاسیون‌های مینی‌امولسیونی.....
۳۰	۴-۲ ایجاد مینی‌امولسیون‌های پایدار.....
۳۳	۵-۲ قطرات مینی‌امولسیونی به‌عنوان نانوراکتور.....
۳۵	۶-۲ مراجع.....
۳۷	فصل سوم: پلیمریزاسیون‌های میکروامولسیونی و امولسیونی نفوذ کنترل.....
۳۷	۱-۳ مقدمه.....
۳۸	۲-۳ پلیمریزاسیون‌های میکروامولسیونی.....
۳۸	۱-۲-۳ غلظت امولسیفایر بحرانی.....

فهرست مطالب

۳۹	۲-۲-۳ ویژگی‌های میکروامولسیون‌ها.....
۴۰	۳-۲-۳ معایب پلیمریزاسیون‌های میکروامولسیونی.....
۴۱	۴-۲-۳ اختلافات پلیمریزاسیون‌های امولسیونی و میکروامولسیونی.....
۴۲	۵-۲-۳ عوامل فعال سطحی مورد استفاده در پلیمریزاسیون‌های میکروامولسیونی.....
۴۴	۳-۳ پلیمریزاسیون‌های امولسیونی نفوذ کنترل.....
۴۸	۴-۳ مراجع.....
۴۹	فصل چهارم: نانوکپسوله کردن مواد توسط پلیمرها با روش هسته- پوسته.....
۴۹	۱-۴ مقدمه.....
۵۳	۲-۴ مشخصات هسته.....
۵۳	۳-۴ مشخصات پوسته.....
۵۳	۱-۳-۴ پلیمرهای زیست تخریب پذیر.....
۵۳	۲-۳-۴ پلیمرهای زیست سازگار.....
۵۳	۳-۳-۴ عوامل مهم در انتخاب پلیمر.....
۵۴	۴-۴ معیارهای انتخاب فرآیند.....
۵۴	۵-۴ فرآیندهای کپسوله کردن.....
۵۴	۱-۵-۴ فرآیندهای فیزیکی کپسوله کردن.....
۵۸	۲-۵-۴ فرآیندهای شیمیایی کپسوله کردن.....
۵۹	۳-۵-۴ روش‌های جدید.....
۶۰	۶-۴ تأثیر روش ساخت بر ساختار محصول تولیدی.....
۶۰	۷-۴ کاربردهای زیستی.....
۶۰	۱-۷-۴ رهایش کنترل شده.....
۸۷	۲-۷-۴ نمونه‌ای از کاربردهای درمانی نانوکپسوله کردن مواد توسط پلیمرها با روش هسته-پوسته.....
۹۳	۵-۴ مراجع.....
۹۷	فصل پنجم: نانوذرات پلیمری توخالی با هسته متحرک.....
۹۷	۱-۵ مقدمه.....
۹۹	۲-۵ دسته‌بندی انواع ذرات توخالی با هسته متحرک.....
۱۰۰	۳-۵ روش‌های سنتز ذرات توخالی با هسته متحرک.....
۱۰۱	۱-۳-۵ سنتز با کمک الگوی فدا شونده.....
۱۰۳	۲-۳-۵ جایگزینی گالوانیک.....

فهرست مطالب

۳-۳-۵ واکنش کرکندال.....	۱۰۳
۴-۳-۵ سنتز بدون استفاده از الگو (تکامل اسوالد).....	۱۰۳
۵-۳-۵ سنتز به روش پیرولیز اسپری فراصوت.....	۱۰۴
۶-۳-۵ سنتز به روش کشتی در بطری.....	۱۰۴
۴-۵ کاربردهای ذرات توخالی با هسته متحرک.....	۱۰۵
۱-۴-۵ کاربردهای زیست پزشکی.....	۱۰۵
۲-۴-۵ کاربردهای ضد میکروبی.....	۱۰۵
۳-۴-۵ کاربردهای کاتالیتی.....	۱۰۶
۴-۴-۵ تفرق رامن افزایش یافته سطح.....	۱۰۷
۵-۴-۵ باتری های لیتیم.....	۱۰۷
۶-۴-۵ جذب کننده های میکروویو.....	۱۰۷
۷-۴-۵ فرآیند جداسازی.....	۱۰۸
۸-۴-۵ حسگرهای گاز.....	۱۰۸
۹-۴-۵ سلول های خورشیدی حساس شده به رنگ.....	۱۰۸
۵-۵ نانوذرات پلیمری توخالی با هسته متحرک باقابلیت کاتالیتی.....	۱۰۸
۶-۵ نانوذرات توخالی با هسته متحرک پلیمری رسانا.....	۱۱۱
۷-۵ نانوذرات پلیمری توخالی با هسته متحرک باقابلیت پاسخ گویی به محرک.....	۱۱۴
۸-۵ نانوذرات پلیمری توخالی با هسته متحرک مغناطیسی.....	۱۱۷
۹-۵ نانوذرات توخالی با هسته متحرک تهیه شده به روش الگوی فدا شونده نرم یا بدون الگو.....	۱۲۲
۱۰-۵ تشکیل و حذف الگوی سیلیکا.....	۱۲۴
۱۱-۵ مراجع.....	۱۲۹
فصل ششم: پلیمرهای قالب مولکولی.....	۱۳۵
۱-۶ مقدمه.....	۱۳۵
۲-۶ نحوه سنتز پلیمرهای قالب مولکولی.....	۱۳۶
۳-۶ نکات مهم در پلیمرهای قالب مولکولی.....	۱۳۶
۴-۶ اصول قالب گیری مولکولی.....	۱۳۷
۵-۶ اجزای سازنده پلیمرهای قالب مولکولی.....	۱۳۸
۱-۵-۶ اثر دما.....	۱۴۲
۶-۶ روش های قالب گیری مولکولی بر اساس انواع برهم کنش ها.....	۱۴۳

فهرست مطالب

۷-۶ مطالعه مقایسه‌ای ذرات پلیمری قالب‌مولکولی آماده شده به وسیله روش‌های مختلف پلیمریزاسیون ..	۱۴۶
۸-۶ ارزیابی الگوی تهیه شده.....	۱۵۲
۱-۸-۶ ظرفیت جذب پلیمر.....	۱۵۲
۲-۸-۶ گزینش پذیری.....	۱۵۲
۳-۸-۶ مقایسه با پلیمر شاهد.....	۱۵۳
۹-۶ مراجع.....	۱۵۴
فصل هفتم: کپسوله کردن نانوذرات در دندریمرها.....	۱۵۵
۱-۷ مقدمه.....	۱۵۵
۲-۷ سنتز دندریمرها.....	۱۵۹
۱-۲-۷ روش واگرا.....	۱۵۹
۲-۲-۷ روش همگرا.....	۱۶۰
۳-۷ کاربردها.....	۱۶۱
۴-۷ روش‌های تشکیل نانوکپسول‌های دندریمری.....	۱۶۷
۵-۷ انواع دندریمرها.....	۱۶۸
۱-۵-۷ تکتودندریمرها.....	۱۶۸
۲-۵-۷ دندریمرهای بلورمایی.....	۱۷۰
۳-۵-۷ دندریمرهای کایرال.....	۱۷۰
۴-۵-۷ دندریمرهای هیبریدی.....	۱۷۰
۵-۵-۷ دندریمرهای پلی آمیدو آمین‌ها.....	۱۷۰
۶-۵-۷ دندریمرهای پلی (آمیدو آمین -اورگانوسیلیکون).....	۱۷۱
۷-۵-۷ دندریمرهای پپتیدی.....	۱۷۱
۸-۵-۷ گلیکودندریمرها.....	۱۷۱
۹-۵-۷ دندریمرهای ژانوس.....	۱۷۱
۶-۷ مشکلات موجود در سنتز دندریمرها.....	۱۷۲
۷-۷ مراجع.....	۱۷۴
فصل هشتم: کاربرد پلیمریزاسیون‌های کنترل شده/زنده در سنتز نانوپلیمرها و نانوکامپوزیت‌های پلیمری.....	۱۷۷
۱-۸ مقدمه.....	۱۷۷
۲-۸ پلیمریزاسیون‌های رادیکال آزاد.....	۱۷۸

فهرست مطالب

۳-۸ پلیمریزاسیون های آنیونی زنده.....	۱۸۰
۴-۸ پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل شده/زنده.....	۱۸۳
۵-۸ انواع پلیمریزاسیون های رادیکالی کنترل شده/ زنده.....	۱۸۴
۶-۸ مزایای پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل شده/زنده.....	۱۸۵
۷-۸ تاریخچه.....	۱۸۷
۸-۸ عوامل پوشاننده در پلیمریزاسیون های زنجیره های رادیکال آزاد کنترل شده/زنده.....	۱۸۹
۹-۸ پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل شده/ زنده با استفاده از اینیفرترها.....	۱۹۰
۱۰-۸ پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل شده/ زنده با استفاده از نیتروکسایدها.....	۱۹۱
۱۱-۸ پلیمریزاسیون به روش انتقال برگشت پذیر افزایشی - جدایشی.....	۱۹۵
۱-۱۱-۸ ساختار عامل پلیمریزاسیون به روش انتقال برگشت پذیر افزایشی - جدایشی.....	۱۹۵
۲-۱۱-۸ مشخصات پلیمریزاسیون به روش انتقال برگشت پذیر افزایشی - جدایشی.....	۱۹۶
۱۲-۸ پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم.....	۲۰۰
۱-۱۲-۸ ارتباط ساختار و واکنش پذیری.....	۲۰۶
۲-۱۲-۸ سامانه های شروع.....	۲۰۸
۳-۱۲-۸ اجزای مختلف درگیر در فرآیند پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم.....	۲۱۱
۴-۱۲-۸ انواع فرآیند پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم.....	۲۱۵
۵-۱۲-۸ نکات فرآیند پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم.....	۲۱۶
۱۳-۸ مقایسه روش های پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم، پلیمریزاسیون به روش انتقال برگشت پذیر افزایشی - جدایشی و پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل شده با واسطه نیتروکسایدی.....	۲۱۶
۱۴-۸ پلیمریزاسیون انتقال ید.....	۲۱۷
۱۵-۸ پلیمریزاسیون انتقال ید برگشت پذیر.....	۲۱۸
۱۶-۸ پلیمریزاسیون کاتالستی با انتقال زنجیر برگشت پذیر.....	۲۲۰
۱-۱۶-۸ واکنش های رادیکالی ترکیبات ژرمانیم، قلع، فسفر و نیتروژن در شیمی آلی.....	۲۲۱
۲-۱۶-۸ کارایی پلیمریزاسیون کاتالستی با انتقال زنجیر برگشت پذیر.....	۲۲۱
۱۷-۸ پلیمریزاسیون رادیکالی با واسطه ارگانوتلوریم.....	۲۲۴
۱۸-۸ پلیمریزاسیون انتقال زنجیره کئوردیناسیونی زنده.....	۲۲۶
۱-۱۸-۸ ویژگی های پلیمریزاسیون انتقال زنجیره کئوردیناسیونی زنده.....	۲۲۶
۲-۱۸-۸ عامل دار کردن زنجیره ها در پلیمریزاسیون انتقال زنجیره کئوردیناسیونی زنده.....	۲۲۷
۱۹-۸ پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل شده/ زنده در محیط های آبی.....	۲۲۸

فهرست مطالب

۲۳۰	۱-۱۹-۸ پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم در سامانه امولسیون
۲۳۴	۲۰-۸ مراجع
۲۳۹	فصل نهم: کاربرد روش‌های پیوندزنی شانه‌ای در سنتز نانوپلیمرها نانوکامپوزیت‌های پلیمری
۲۳۹	۱-۹ مقدمه
۲۴۰	۲-۹ روش "پیوند به"
۲۴۱	۳-۹ روش "پیوند از"
۲۴۲	۴-۹ روش "پیوند به واسطه"
۲۴۴	۵-۹ مراجع
۲۴۵	فصل دهم: سنتز نانو و میکروکره‌های پلیمری با استفاده از روش‌های پیوندزنی شانه‌ای
۲۴۵	۱-۱۰ مقدمه
۲۴۶	۲-۱۰ پلیمرهای هوشمند
۲۴۸	۱-۲-۱۰ پلیمرهای پاسخ‌گو به محرک‌های فیزیکی
۲۴۹	۲-۲-۱۰ پلیمرهای پاسخ‌گو به محرک‌های زیستی
۲۵۰	۳-۲-۱۰ پلیمرهای پاسخ‌گو به محرک‌های شیمیایی
۲۵۲	۳-۱۰ ساخت میکروکره‌های پلیمری با پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی
۲۵۳	۱-۳-۱۰ پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی- تقطیری
۲۵۷	۲-۳-۱۰ روش‌های اصلی در تولید میکروکره‌ها
۲۵۹	۴-۱۰ استفاده از پیوندزنی شانه‌ای
۲۶۰	۵-۱۰ کاربرد پلیمریزاسیون‌های کنترل‌شده/ زنده رسوبی- محلولی در سنتز میکروکره‌های پلیمری
۲۶۰	۱-۵-۱۰ پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی رادیکالی کنترل‌شده/ زنده با استفاده از اینیترها
۲۶۰	۲-۵-۱۰ پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی رادیکالی کنترل‌شده/ زنده با استفاده از روش انتقال برگشت‌پذیر
۲۶۱	افزایشی- جدایشی
۲۶۲	۳-۵-۱۰ پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی رادیکالی انتقال اتم
۲۶۴	۶-۱۰ کاربرد پلیمریزاسیون‌های کنترل‌شده/ زنده رسوبی- محلولی در تهیه پلیمرهای عامل‌دار پیشرفته
۲۶۴	۱-۶-۱۰ کاربرد پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی رادیکالی انتقال اتم در تهیه پلیمرهای عامل‌دار پیشرفته
۲۶۷	۲-۶-۱۰ کاربرد پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی رادیکالی کنترل‌شده/ زنده با استفاده از اینیترها در تهیه پلیمرهای عامل‌دار پیشرفته
۲۶۷	۳-۶-۱۰ کاربرد روش پلیمریزاسیون رسوبی- محلولی رادیکالی کنترل‌شده/ زنده با استفاده از روش انتقال برگشت‌پذیر افزایشی- جدایشی در تهیه پلیمرهای عامل‌دار پیشرفته
۲۶۸	

فهرست مطالب

۲۷۰	۷-۱۰ مراجع
۲۷۱	بخش دوم: پلیمریزاسیون نانوکامپوزیت‌های پلیمری
۲۷۳	فصل یازدهم: آشنایی با نانوفیلرهای پرمصرف در ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری
۲۷۳	۱-۱۱ مقدمه
۲۷۶	۲-۱۱ اندازه ذره
۲۷۶	۳-۱۱ هندسه ذره
۲۷۶	۴-۱۱ روش‌های تولید نانوذرات
۲۷۷	۵-۱۱ طبقه بندی نانومواد از نظر ابعاد
۲۷۸	۱-۵-۱۱ نانومواد صفربعدی
۲۷۸	۲-۵-۱۱ نانومواد یک‌بعدی
۲۷۹	۳-۵-۱۱ نانومواد دوبعدی
۲۷۹	۴-۵-۱۱ نانومواد سه‌بعدی
۲۸۰	۶-۱۱ نانوفیلرهای کربنی
۲۸۰	۱-۶-۱۱ کربن‌بلک (دوده)
۲۸۱	۲-۶-۱۱ گرافیت
۲۸۳	۳-۶-۱۱ نانودیواره‌های کربنی
۲۸۴	۴-۶-۱۱ گرافن
۲۹۸	۵-۶-۱۱ فولرین
۳۰۱	۶-۶-۱۱ نانولوله‌های کربنی
۳۱۶	۷-۱۱ پلی هدرال الیگومریک سیل‌سسکویی اکسان
۳۱۷	۸-۱۱ هیدروکسیدهای دوگانه‌لایه‌ای
۳۲۳	۱-۸-۱۱ مولکول‌های بین‌لایه‌ای در هیدروکساید‌های دوگانه‌لایه‌ای
۳۲۳	۲-۸-۱۱ استحکام لایه‌ها
۳۲۴	۳-۸-۱۱ شیمی جای‌گیری آنیون‌ها
۳۲۸	۹-۱۱ نانوذرات اکسیدروی
۳۲۹	۱۰-۱۱ نانوذرات کربنات کلسیم
۳۳۰	۱۱-۱۱ آلومینیم‌هیدروکساید و منیزیم‌هیدروکساید
۳۳۱	۱۲-۱۱ سولفات‌باریم رسوبی
۳۳۲	۱۳-۱۱ تیتانیم‌دی‌اکساید

فهرست مطالب

۳۳۳	۱۴-۱۱ نانوذرات نقره.....
۳۳۴	۱۵-۱۱ نیتريدبور.....
۳۳۷	۱۶-۱۱ سيلیکا.....
۳۳۷	۱-۱۶-۱۱ سيلیکای بخار.....
۳۳۸	۲-۱۶-۱۱ سيلیکای رسوبی.....
۳۳۸	۱۷-۱۱ سيلیکات‌ها.....
۳۳۹	۱-۱۷-۱۱ انواع دسته‌بندی سيلیکات‌ها.....
۳۴۰	۲-۱۷-۱۱ سيلیکات‌های لایه‌ای (نانوذرات خاکرس).....
۳۴۹	۳-۱۷-۱۱ اسمکتیت‌ها.....
۳۵۰	۴-۱۷-۱۱ مونت‌موریلونیت.....
۳۵۴	۵-۱۷-۱۱ میکا.....
۳۵۴	۶-۱۷-۱۱ کلريت.....
۳۵۵	۷-۱۷-۱۱ تالک.....
۳۵۶	۸-۱۷-۱۱ پالینگورسکیت - سپوليت.....
۳۵۷	۹-۱۷-۱۱ کائولین.....
۳۵۸	۱۰-۱۷-۱۱ ايليت.....
۳۵۸	۱۱-۱۷-۱۱ هالوزيت.....
۳۶۲	۱۲-۱۷-۱۱ لاپونيت.....
۳۶۲	۱۳-۱۷-۱۱ روش‌های اصلاح سطحی خاکرس.....
۳۷۰	۱۴-۱۷-۱۱ مکانيسم اصلاح رس.....
۳۷۸	۱۸-۱۱ ذرات فوق متخلخل.....
۳۸۰	۱-۱۸-۱۱ مواد نانومتخلخل سيلیکا آيروژل.....
۳۸۱	۲-۱۸-۱۱ شیمی فرآیند سل - ژل.....
۳۸۷	۳-۱۸-۱۱ فيلم، الياف و مونوليت.....
۳۹۰	۴-۱۸-۱۱ آيروژل پایه سيلیکا.....
۳۹۱	۵-۱۸-۱۱ شناسایی و مشخصات آيروژل.....
۳۹۲	۶-۱۸-۱۱ کاربردهای سيلیکا آيروژل.....
۳۹۴	۷-۱۸-۱۱ محدودیت‌های سيلیکا آيروژل.....
۳۹۴	۸-۱۸-۸ خواص مکانیکی سيلیکا آيروژل.....

فهرست مطالب

۳۹۵.....	۱۱-۱۸-۹ توسعه در سیلیکا آبروژل های مستحکم.....
۳۹۸.....	۱۱-۱۹ مراجع.....
۴۰۵.....	فصل دوازدهم: نانوکامپوزیت های پلیمری
۴۰۵.....	۱-۱۲ مقدمه
۴۰۶.....	۲-۱۲ تعریف نانوکامپوزیت
۴۰۸.....	۳-۱۲ انواع نانوکامپوزیت ها.....
۴۰۹.....	۴-۱۲ روش های تقسیم بندی نانوکامپوزیت های پلیمری.....
۴۰۹.....	۴-۱۲-۱ تقسیم بندی بر اساس مورفولوژی.....
۴۱۱.....	۴-۱۲-۲ تقسیم بندی بر اساس روش تهیه.....
۴۲۱.....	۵-۱۲ خواص نانوکامپوزیت های پلیمری
۴۲۱.....	۵-۱۲-۱ خواص سدگری گاز
۴۲۳.....	۵-۱۲-۲ خواص حرارتی
۴۲۵.....	۵-۱۲-۳ خواص دینامیکی - مکانیکی.....
۴۲۶.....	۵-۱۲-۴ خواص کششی
۴۲۷.....	۵-۱۲-۵ خواص خمشی
۴۲۷.....	۵-۱۲-۶ دمای واپیچش گرمایی
۴۲۸.....	۵-۱۲-۷ خاصیت تاخیراندازی شعله
۴۲۹.....	۵-۱۲-۸ هدایت یونی
۴۲۹.....	۵-۱۲-۹ شفافیت نوری.....
۴۲۹.....	۵-۱۲-۱۰ تخریب پذیری نانوکامپوزیت های پلیمری زیست تخریب پذیر
۴۳۰.....	۵-۱۲-۱۱ سایر خواص
۴۳۱.....	۱۲-۶ مراجع.....
۴۳۳.....	فصل سیزدهم: نانوکامپوزیت های پلیمری رسانا.....
۴۳۳.....	۱-۱۳ مقدمه
۴۳۵.....	۲-۱۳ پلیمرهای ذاتا رسانا.....
۴۳۷.....	۱۳-۲-۱ کاربردهای پلیمرهای ذاتا رسانا.....
۴۳۸.....	۱۳-۲-۲ تفاوت پلیمرهای ذاتا رسانا با پلیمرهای معمولی.....
۴۳۹.....	۱۳-۲-۳ ساختار زنجیره
۴۳۹.....	۱۳-۲-۴ تولید سولیتون

فهرست مطالب

۴۳۹	۵-۲-۱۳ تولید پلارون و بای پلارون.....
۴۴۰	۶-۲-۱۳ مقایسه سولیتون، پلارون و بای پلارون.....
۴۴۱	۷-۲-۱۳ دلایل برتری پلیمرها بر نیمه رساناهای دیگر.....
۴۴۱	۸-۲-۱۳ ابزارهای شناسایی سولیتون، پلارون و بای پلارون.....
۴۴۱	۹-۲-۱۳ خلاصه مکانیسم رسانایی.....
۴۴۲	۳-۱۳ کامپوزیت‌های پلیمری رسانا.....
۴۴۴	۱-۳-۱۳ مکانیسم‌های رسانایی الکتریکی کامپوزیت‌های پلیمری حاوی فیلر رسانا.....
۴۴۹	۲-۳-۱۳ نانوکامپوزیت‌های پلیمری رسانا به عنوان جاذب امواج الکترومغناطیس.....
۴۵۰	۴-۱۳ تداخل امواج الکترومغناطیس.....
۴۵۳	۱-۴-۱۳ مکانیسم‌های محافظت از تداخل امواج الکترومغناطیس.....
۴۵۴	۲-۴-۱۳ بازده پوشش‌دهی امواج الکترومغناطیس.....
۴۵۸	۳-۴-۱۳ مکانیسم‌های اتلاف در نانوکامپوزیت‌های پلیمری.....
۴۶۲	۴-۴-۱۳ عوامل مؤثر در جذب امواج الکترومغناطیس.....
۴۶۷	۵-۴-۱۳ عوامل مؤثر بر اثربخشی محافظت از تداخل امواج الکترومغناطیس.....
۴۶۸	۵-۱۳ مراجع.....
۴۷۱	فصل چهاردهم: سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون مینی امولسیون پیکرینگ
۴۷۱	۱-۱۴ مقدمه.....
۴۷۸	۲-۱۴ ویژگی‌های ذرات پایدارکننده امولسیون پیکرینگ.....
۴۷۸	۱-۲-۱۴ ترشوندگی سطح.....
۴۷۹	۲-۲-۱۴ بار سطحی.....
۴۸۰	۳-۲-۱۴ فاز پیوسته و پراکنده.....
۴۸۰	۳-۱۴ انواع ذرات پایدارکننده در پلیمریزاسیون مینی امولسیون پیکرینگ.....
۴۸۱	۱-۳-۱۴ نانوذرات سیلیکاتی.....
۴۸۴	۲-۳-۱۴ نانوذرات گرافن اکساید.....
۴۸۶	۳-۳-۱۴ نانوذرات سلولزی.....
۴۹۰	۴-۱۴ مونومرهای مورد استفاده در مینی امولسیون پیکرینگ.....
۴۹۲	۵-۱۴ انتخاب نوع شروع کننده و آثار آن.....
۴۹۳	۶-۱۴ سایر اجزا.....
۴۹۳	۷-۱۴ متوسط اندازه ذرات لاتکس و توزیع آن.....

فهرست مطالب

۴۹۴	۸-۱۴ رفتار سیلیکاهای لایه‌ای در محیط آبی
۵۰۰	۹-۱۴ پلیمریزاسیون مینی‌مولسیون پیکرینگ وارون
۵۰۱	۱۰-۱۴ مراجع
فصل پانزدهم: سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون کنترل‌شده/ زنده درجا	
۵۰۳	۱-۱۵ مقدمه
۵۰۳	۲-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون کنترل‌شده/زنده درجا با استفاده از روش "پیوند به"
۵۰۴	۱-۲-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل‌شده/ زنده با واسطه نیتروکسایدی درجا با استفاده از روش "پیوند به"
۵۰۵	۲-۲-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون به روش انتقال برگشت‌پذیر افزایشی-جدایشی درجا با استفاده از روش "پیوند به"
۵۰۶	۳-۲-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم درجا با استفاده از روش "پیوند به"
۵۰۸	۳-۳-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون زنده درجا با استفاده از روش "پیوند از"
۵۰۹	۱-۳-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون رادیکالی انتقال اتم درجا با استفاده از روش "پیوند از"
۵۰۹	۲-۳-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل‌شده/ زنده با واسطه نیتروکسایدی درجا با استفاده از روش "پیوند از"
۵۱۲	۳-۳-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون به روش انتقال برگشت‌پذیر افزایشی-جدایشی درجا با استفاده از روش "پیوند از"
۵۱۳	۴-۱۵ سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری به روش پلیمریزاسیون کنترل‌شده/زنده درجا با استفاده از روش "پیوند به واسطه"
۵۲۵	۵-۱۵ مراجع
۵۲۹	فصل شانزدهم: سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمر- نانوذرات گرافنی به روش پلیمریزاسیون درجا
۵۳۳	۱-۱۶ مقدمه
۵۳۴	۲-۱۶ روش‌های سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمر- گرافن
۵۳۵	۱-۲-۱۶ روش محلولی
۵۳۶	۲-۲-۱۶ روش اختلاط مذاب
۵۳۶	۳-۲-۱۶ روش پلیمریزاسیون درجا

فهرست مطالب

۵۴۲	۳-۱۶ خواص نانوکامپوزیت‌های بر پایه گرافن.....
۵۴۴	۴-۱۶ مراجع.....
۵۴۷	فصل هفدهم: سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمر - نانولوله‌های کربنی به روش پلیمریزاسیون درجا
۵۴۷	۱-۱۷ مقدمه
۵۵۰	۲-۱۷ خواص کامپوزیت‌های پلیمر/نانولوله‌های کربنی
۵۵۰	۳-۱۷ مزایای افزودن نانولوله‌های کربنی.....
۵۵۱	۴-۱۷ مشکلات استفاده از نانولوله‌های کربنی.....
۵۵۲	۵-۱۷ اصلاح سطحی نانولوله‌های کربنی به‌وسیله پلیمرها
۵۵۳	۱-۵-۱۷ اتصال غیر کووالانسی
۵۵۵	۲-۵-۱۷ اتصال کووالانسی
۵۶۱	۶-۱۷ روش‌های تهیه نانوکامپوزیت‌های پلیمر/نانولوله کربنی
۵۶۶	۷-۱۷ روش‌های آرایش دادن نانولوله‌های کربنی در بستر کامپوزیتی
۵۶۷	۸-۱۷ انواع روش‌های پیوند زدن پلیمرها به نانولوله‌های کربنی
۵۶۹	۱-۸-۱۷ استفاده از روش "پیوند به"
۵۷۸	۲-۸-۱۷ استفاده از روش "پیوند از"
۵۹۶	۹-۱۷ مراجع
۶۱۳	فصل هجدهم: سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمر - نانولوله‌های هالوژیت به روش پلیمریزاسیون درجا ..
۶۱۳	۱-۱۸ مقدمه
۶۱۴	۲-۱۸ روش‌های تهیه نانوکامپوزیت‌های هالوژیت
۶۱۴	۱-۲-۱۸ روش امتزاج.....
۶۱۷	۲-۲-۱۸ روش پلیمریزاسیون درجا.....
۶۱۸	۳-۱۸ خواص نانوکامپوزیت‌های پلیمر- هالوژیت
۶۱۸	۱-۳-۱۸ تقویت کنندگی مکانیکی.....
۶۲۲	۲-۳-۱۸ پایداری حرارتی.....
۶۲۳	۳-۳-۱۸ رفتار بلورینگی.....
۶۲۳	۴-۳-۱۸ تاخیراندازی شعله.....
۶۲۴	۵-۳-۱۸ ضریب انبساط حرارتی.....
۶۲۴	۶-۳-۱۸ خواص خودترمیمی
۶۲۵	۴-۱۸ کاربردهای زیست پزشکی نانوکامپوزیت‌های هالوژیت- پلیمر.....

فهرست مطالب

۱۸-۴-۱	داربست‌های زیستی	۶۲۵
۱۸-۴-۲	حمل‌کننده دارو	۶۲۵
۱۸-۴-۳	ایمپلنت‌های استخوانی	۶۲۷
۱۸-۴-۴	کاربردهای آرایشی	۶۲۸
۱۸-۵	اصلاح سطوح نانولوله‌های هالوژیت	۶۲۸
۱۸-۵-۱	عامل‌نشانی با پیوند کووالانسی	۶۲۹
۱۸-۵-۲	عامل‌نشانی غیرکووالانسی	۶۳۳
۱۸-۶	روش‌های پیوندزنی پلیمر به نانولوله‌های هالوژیت	۶۳۴
۱۸-۷	مراجع	۶۳۵
فصل نوزدهم: سنتز کاتالیستی نانوکامپوزیت‌های پلی‌اولفین/نانوذره به روش پلیمریزاسیون درجا .. ۶۴۳		
۱۹-۱	مقدمه	۶۴۳
۱۹-۲	سنتز کاتالیستی پلی‌اولفین‌ها	۶۴۴
۱۹-۳	مراحل پلیمریزاسیون	۶۵۰
۱۹-۳-۱	عوامل انتقال زنجیره	۶۵۱
۱۹-۳-۲	عوامل عملیاتی مؤثر بر سینتیک پلیمریزاسیون	۶۵۱
۱۹-۴	سنتز نانوکامپوزیت‌های پلی‌اتیلن/خاک‌رس به روش پلیمریزاسیون درجا	۶۵۲
۱۹-۴-۱	سنتز نانوکامپوزیت‌های پلی‌اتیلن/خاک‌رس به روش پلیمریزاسیون درجا با کاتالیست‌های زیگلر - ناتا	۶۵۳
۱۹-۴-۲	سنتز نانوکامپوزیت‌های پلی‌اتیلن/خاک‌رس به روش پلیمریزاسیون درجا با کاتالیست‌های متالوسن	۶۵۴
۱۹-۴-۳	سنتز کاتالیستی نانوکامپوزیت‌های پلی‌اولفین/نانولوله به روش پلیمریزاسیون درجا	۶۵۷
۱۹-۵	مراجع	۶۶۴
فصل بیستم: نانوالیاف		
۲۰-۱	مقدمه	۶۶۵
۲۰-۲	خواص و کاربردهای نانوالیاف	۶۶۶
۲۰-۳	روش‌های تولید نانوالیاف	۶۶۷
۲۰-۳-۱	روش پایین به بالا	۶۶۷
۲۰-۳-۲	روش بالا به پایین	۶۶۸
۲۰-۴	کلیات فرآیند الکتروریسی	۶۷۲

فهرست مطالب

۶۷۵.....	۲۰-۴-۱ شاخص‌های کنترل‌کننده فرآیند الکتروریسی
۶۸۶.....	۲۰-۵ بررسی اثر ولتاژ بر قطر الیاف حاصل از الکتروریسی
۶۸۶.....	۲۰-۶ ناپایداری خمشی جت الکتروریسی شده
۶۸۶.....	۲۰-۷ مناطق ناپایداری
۶۸۷.....	۲۰-۸ مرحله جمع‌آوری الیاف
۶۸۷.....	۲۰-۹ تعیین مشخصات
۶۸۸.....	۲۰-۹-۱ فیزیکی
۶۸۹.....	۲۰-۹-۲ مکانیکی
۶۸۹.....	۲۰-۹-۳ شیمیایی
۶۸۹.....	۲۰-۱۰ نانوالیاف هسته-پوسته
۶۸۹.....	۲۰-۱۰-۱ الیاف هسته-پوسته تولیدشده در الکتروریسی هم‌محور
۶۹۶.....	۲۰-۱۰-۲ الیاف هسته-پوسته تولیدشده در الکتروریسی امولسیونی
۶۹۸.....	۲۰-۱۱ کاربردهای ویژه نانوالیاف
۶۹۸.....	۲۰-۱۱-۱ نانوالیاف تبادل گر یون
۶۹۹.....	۲۰-۱۱-۲ کاربردهای پزشکی
۷۱۶.....	۲۰-۱۲ مراجع
۷۱۹.....	نمایه
۷۲۱.....	واژه‌نامه‌ها
۷۲۳.....	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۷۳۵.....	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

پیشگفتار

امروزه باید به این نکته اذعان کرد که دانش پلیمری یکی از شاخه‌های علمی است که در مقایسه با رشته‌های علمی دیگر پیشرفتی قابل ملاحظه داشته است. رشد سریع این علم به دلیل کاربردهای فراوان مواد پلیمری در بسیاری از ابعاد زندگانی بشر بوده است. شاید بتوان دنیای آینده را همچون مجسمه‌ای تجسم کرد که مغزی از دانش کامپیوتری و بدنی از مواد پلیمری دارد. سبکی، ارزانی، مقاومت شیمیایی بالا و خواص فیزیکی- مکانیکی مناسب باعث شده‌اند که پلیمرها جایگزینی بسیار مناسب برای فلزات و غیرفلزات باشند.

در مراحل پلیمریزاسیون عواملی مهم در شکل‌گیری معماری مولکولی پلیمرها نقش دارند که بسیاری از آنها در اختیار مهندسان فرآیند پلیمریزاسیون نیستند، ولی این عوامل از برخی عناصر بیرون از واکنش (مانند غلظت واکنش‌گرها، فشار و دما) تبعیت می‌کنند که کنترل آنها به‌دست این مهندسان است؛ بنابراین مهم‌ترین وظیفه مهندسان فرآیندهای پلیمریزاسیون پیدا کردن ارتباطی بین شرایط و عوامل فرآیندی در دسترس و معماری مولکولی پلیمر مطلوب درون راکتور در حین واکنش است.

معماری مولکولی پلیمرها در سه مقیاس میکرو یا ریز (واکنش‌های پلیمریزاسیون مانند واکنش‌های مرحله‌ای و زنجیره‌ای)، مزو یا متوسط (محیط‌ها و روش‌های پلیمریزاسیون مانند محیط‌های تک‌فازی و چندفازی) و ماکرو یا بزرگ (فرآیندهای پلیمریزاسیون مانند سامانه‌های پیوسته، نیمه‌پیوسته و پیوسته) انجام می‌شود. برای طراحی و معماری صحیح مولکول‌های پلیمری به تسلط بر هر سه مقیاس طراحی نیاز است. به این منظور در مجموعه کتاب‌های مبانی مهندسی پلیمریزاسیون، پس از آشنایی با کلیاتی در زمینه پلیمرها در جلد اول (تکنولوژی پلیمرها)، در جلد دوم (واکنش‌های پلیمریزاسیون) واکنش‌ها و محاسبات پلیمریزاسیون‌های مرحله‌ای، زنجیره‌ای و کوپلیمریزاسیون‌ها مطالعه شدند. در ادامه در جلد سوم (روش‌های پلیمریزاسیون) تأثیر محیط‌ها و روش‌های پلیمریزاسیون مانند محیط‌های تک‌فازی و چندفازی و در جلد چهارم (طراحی راکتورهای پلیمری) تأثیر فرآیندهای پلیمریزاسیون بر معماری مولکولی برای دستیابی به خواص فیزیکی- مکانیکی محصولات پلیمری مطلوب مطالعه شدند. از آنجایی که امروزه پلیمریزاسیون‌هایی که منجر به تولید پلیمرهای ذره‌ای به‌خصوص ذراتی با اندازه نانو و میکرون می‌شوند کاربردهای بسیاری در صنعت پیدا کرده‌اند و در نتیجه با توجه به نفوذ بسیار مؤثر علم نانو در دنیای پلیمرها، جلد پنجم (کتاب حاضر) جداگانه به بررسی سنتز نانوپلیمرها (ذرات نانوپلیمری) و نانوکامپوزیت‌های

پلیمری پرداخته است.

نانوفناوری در دهه‌های اخیر به‌عنوان یکی از موضوعات مطرح در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی سهم قابل‌توجهی در رشد بسیاری از علوم داشته؛ از این‌رو پژوهشگران علوم پلیمر نیز به این حیطه از علم توجه بسیاری نشان داده‌اند. مطالعات و پژوهش‌ها گسترده‌ای توسط پژوهشگران متعدد به‌منظور دست یافتن و ارائه روش‌های مؤثر در جهت بهبود خواص پلیمرها صورت گرفته است که در این بین افزودن مقادیر کمی از نانوذرات به پلیمر زمینه روش مؤثری در جهت دستیابی به هدف موردنظر به شمار می‌آید. با افزایش نانوذرات به پلیمر زمینه و تغییر مقدار ترکیب درصد اجزا، بهبود قابل‌توجهی در بسیاری از خواص پلیمر زمینه مانند خواص مکانیکی، مقاومت گرمایی، مقاومت در برابر اشتعال، خواص مغناطیسی، خواص الکتریکی، عبور پذیری، افزایش مدول و بهبود خواصی نظیر پایداری ابعادی و سختی سطح مشاهده شده است.

در این میان یکی از حوزه‌های مطرح در نانوفناوری، نانومواد است که کشورهای مختلف بر اساس نیاز هریک به‌گونه‌ای به آن توجه کرده‌اند.

مواد، حدود ۷۰٪ از رشد ناخالص جوامع صنعتی را در یک یا چند زمینه تشکیل می‌دهند. از این‌رو، رویکرد به مواد جدید برای اقتصاد کشورها ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا نانوفناوری فرآیند تولید انواع نامحدودی از مواد جدید را به شیوه‌های گوناگون فراهم می‌کند و بدین ترتیب در علم نانوفناوری به موادی که اندازه ساختار بنیادی آن‌ها در مقیاس نانومتری طراحی شده است، نانومواد گفته می‌شود.

اصولاً مواد نانومتری با کاهش اندازه، در هر مقیاسی رفتار جدیدی را بروز می‌دهند. لذا به‌طور کلی می‌توان گفت نانومواد عبارت‌اند از: خوشه‌هایی از اتم‌ها (نقاط کوانتومی، نانو نقاط، ماکرومولکول‌های معدنی)، دانه‌هایی با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر (مواد نانوبلوری، نانوفاز و نانو ساختاری)، الیافی با قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر (نانو میله‌ها، نانو صفحات، نانولوله‌ها، نانوالیاف)، سیم‌های کوانتومی، فیلم‌های با ضخامت کمتر از ۱۰۰ نانومتر، نانوحفره‌ها و مواد کامپوزیتی که ترکیبی از این مواد هستند. این ترکیبات می‌توانند با هر ترکیب طبیعی از عناصر ایجاد شوند. خصوصاً ترکیباتی از سیلیکات‌ها، کربیدها، نیتريد‌ها، اکساید‌ها، بروماید‌ها، سلنیدها، تلوریدها، سولفیدها، هالیدها، آلیاژها، فلزات واسطه، فلزات، پلیمرهای آلی و کامپوزیت‌ها.

نانوساختارها می‌توانند در یک، دو و یا سه بعد به وجود آیند؛ برای مثال، می‌توان یک فیلم نازک با ضخامت 10 nm را دارای ساختار یک‌بعدی، الیاف با قطر 25 nm و طول 1000 nm را

دارای ساختار دوبعدی و یک بلور کروی یا ذره‌ای با قطر 30 nm را دارای ساختار سه‌بعدی در نظر گرفت.

در این میان می‌توان اذعان داشت که پلیمرها نیز از این قانون مستثنی نیستند و در برخی موارد به‌عنوان خانواده‌ای از نانومواد از قوانین موجود در دنیای نانوفناوری تبعیت می‌کنند. بر اساس موارد فوق این کتاب به دو بخش تقسیم‌شده است که در بخش اول سنتز نانوذرات پلیمری یا نانوپلیمرها مورد بررسی قرار می‌گیرد درحالی‌که بخش دوم به سنتز درجای نانوکامپوزیت‌های پلیمری معطوف شده است؛ به عبارت دیگر در بخش اول این کتاب پلیمریزاسیون‌هایی مورد بررسی قرار می‌گیرند که در آن‌ها از نانوذرات معدنی به‌منظور تولید نانوکامپوزیت استفاده نمی‌شود و مستقیماً ذرات پلیمری خالص ولی در اندازه نانو سنتز می‌شوند، این در حالی است که در بخش دوم ممکن است ذرات پلیمری بزرگ‌تر از اندازه‌های نانو به‌دست آیند ولیکن به‌منظور بالا بردن خواص فیزیکی- مکانیکی محصول نهایی در آن‌ها از نانوذرات معدنی استفاده‌شده باشند تا منجر به سنتز درجای نانوکامپوزیت‌های پلیمری شوند. در ادامه از مسئولین محترم و کارکنان زحمت‌کش انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر کمال تشکر و قدردانی را دارم.

وحید حدادی اصل

دانشکده مهندسی پلیمر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

تابستان ۱۴۰۱