

بنام خداوند جان و

دوره آزمایشگاهی فناوری نانو

A Laboratory Course in Nanoscience and Nanotechnology

Dr. Gérrard Eddy Jai Poinern

ترجمه:

دکتر سید مرتضی حسینی (عضو هیأت علمی دانشگاه تهران)، مهندس سعید کلاتری دبستی



شماره مسلسل ۹۹۶۰

شماره انتشار ۴۰۶۳

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	: پوینرن، جرارد ادی جای
عنوان و نام پدیدآور	: دوره آزمایشگاهی فناوری نانو/ ترجمه سیدمرتضی حسینی، سعید کلانتری دهقی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۲۴۲ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۴۰۶۳.
شابک	: 978-964-03-7306-4
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: A Laboratory Course In Nanoscience And Nanotechnology.
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: نانوتکنولوژی -- کتاب‌های درسی
موضوع	: نانوتکنولوژی -- دستنامه‌های آزمایشگاهی
شناسه افزوده	: حسینی، سیدمرتضی، ۱۳۵۴- مترجم
شناسه افزوده	: کلانتری دهقی، سعید، ۱۳۵۶- مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۸ پ۹۵۹/۱۷۴/۱ T
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰/۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۶۳۱۹۸۳

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.



عنوان: دوره آزمایشگاهی فناوری نانو
 تألیف: جرارد ادی جای پوینرن
 ترجمه: دکتر سیدمرتضی حسینی - مهندس سعید کلانتری دهقی
 ویرایش ادبی: فرشاد رضوان
 نوبت چاپ: اول
 تاریخ انتشار: ۱۳۹۸
 شمارگان: ۲۰۰ نسخه
 ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
 چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

بها: ۳۴۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
 پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>
 پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

آنچه به روح آرامش می‌بخشد همانا علم است و بس...

علم

و فناوری نانو در جهان رو به شکوفایی است و با پیش‌بینی نقشی که در آینده فنی و اقتصادی دنیا خواهد داشت، همه را به‌نوعی برای بهره‌گیری از این فرصت و تولید ثروت از این فناوری تشویق می‌کند. موضوع فناوری نانو مهار ماده یا دستگاه‌های در ابعاد کمتر از یک میکرومتر، به‌طورمعمول حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده‌ی عظیمی بوده که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته و از فناوری‌های نوینی است که با سرعت هرچه‌تمام‌تر در حال توسعه است. در مجموع فناوری نانو شامل طراحی مهندسی ساختارها در سطح اتم، ترکیب این ساختارها و تبدیل آنها به مواد جدید با ساختار نانو با خصوصیات ویژه و نیز ترکیب این‌گونه مواد و تبدیل آنها به ابزارهای سودمند خواهد بود انتظار می‌رود که نانوفناوری نیاز بشر را به مواد کمیاب کمتر و با کاستن آلاینده‌ها، محیط زیستی سالم‌تر را فراهم کند. کشور ما ایران از جمله کشورهای پیشرفته است که در سال‌های اخیر رشد چشمگیری در حوزه فناوری نانو کسب کرده است. این پیشرفت سبب شده است خیل عظیمی از دانش‌آموزان و دانشجویان به فعالیت و تحقیق در این زمینه علاقمند شوند. یکی از ابزارهای موردنیاز این افراد کتاب‌ها و منابعی است که به‌سادگی این فناوری را معرفی کنند. در کتاب حاضر به‌خوبی فناوری نانو به‌صورت نظری و عملی معرفی و سعی شده است کار در آزمایشگاه با فناوری نانو به‌صورت خلاصه و مفید ارائه شود. خواننده بعد از خواندن این کتاب به تصویری کلی از دنیای نانو و چگونگی کار با فناوری نانو دست پیدا خواهد کرد.



فصل های کتاب

فصل اول : دنیای نانو

فصل دوم : نانومواد و سنتز آنها

فصل سوم : روش های مشخصه یابی در مطالعه نانومواد

فصل چهارم : ایمنی در آزمایشگاه و نوشتن گزارش علمی

فصل پنجم : آزمایشگاه های نانوفناوری



فهرست مطالب

۱	۱. دنیای نانو
۳	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ نانوفناوری
۵	۳-۱ علم نانو
۶	۴-۱ مسیر زیستی طبیعت
۶	۵-۱ مثال‌هایی از نانومواد و نانساختارهای یافت‌شده در طبیعت
۷	۱-۵-۱ منقار سرپاور هامبالت (دوسیدیکوس گیگاس)
۸	۲-۵-۱ رَسَنک صدف کبود (ماتیلوس ادولیس)
۱۰	۳-۵-۱ خواص اَبَرآب‌گریزی در برخی از برگ‌های گیاهان
۱۲	۶-۱ نمای کلی از فصل‌های کتاب
۱۵	۲. نانومواد و سنتز آنها
۱۷	۱-۲ مقدمه
۱۹	۲-۲ مواد نانومقیاس
۲۱	۳-۲ انواع مواد نانومقیاس
۲۲	۱-۳-۲ فلزات نانومقیاس
۲۳	۱-۱-۳-۲ نانوتلا
۲۴	۲-۱-۳-۲ نانونقره
۲۵	۳-۱-۳-۲ نانومس
۲۵	۴-۱-۳-۲ نانو آهن
۲۵	۲-۳-۲ اکسید فلزی نانو
۲۶	۱-۲-۳-۲ اکسید آلومینیوم
۲۶	۲-۲-۳-۲ دی‌اکسید تیتانیوم
۲۷	۳-۲-۳-۲ اکسید روی
۲۷	۴-۲-۳-۲ اکسیدهای آهن
۲۸	۳-۳-۲ نانوپلیمرها
۲۹	۴-۳-۲ نقاط کوانتومی
۳۰	۵-۳-۲ نانوکربن‌ها
۳۱	۱-۵-۳-۲ نانولوله‌های کربنی
۳۳	۲-۵-۳-۲ گرافن
۳۴	۴-۲ سنتز مواد مقیاس نانومتری
۳۴	۱-۴-۲ مقدمه
۳۶	۲-۴-۲ تکنیک‌های بالا به پایین
۳۶	۱-۲-۴-۲ لیتوگرافی نوری
۳۷	۲-۲-۴-۲ برآرایی باریکه مولکولی (MBE)

۳۷	تکنیک‌های پایین به بالا
۳۷	۱-۳-۴-۲ کلونیدها
۳۸	۲-۳-۴-۲ سل ژل
۳۹	۳-۳-۴-۲ رسوبدهی فیزیکی بخار (PVD) و رسوبدهی شیمیایی بخار (CVD)
۳۹	۴-۳-۴-۲ کندوپاش
۳۹	۵-۳-۴-۲ فرسایش لیزری
۴۰	۶-۳-۴-۲ قالب‌های اکسید آلومینیوم آنده (AAO)
۴۱	۷-۳-۴-۲ پیرولیز پاششی
۴۱	۸-۳-۴-۲ سنتز التراسونیک
۴۲	۹-۳-۴-۲ سنتز مایکروویو

۳. روش‌های مشخصه‌یابی در مطالعه نانومواد

۴۵	۱-۳ مقدمه
۴۷	۲-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی
۴۸	۳-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری
۵۲	۴-۳ میکروسکوپ تونلی روبشی
۵۴	۵-۳ میکروسکوپ نیروی اتمی
۵۶	۶-۳ پراش اشعه ایکس
۶۰	۷-۳ طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش UV-Vis
۶۴	۸-۳ کروماتوگرافی لایه‌نازک
۶۵	۹-۳ طیف‌سنجی رامان
۶۷	۱۰-۳ پراکندگی دینامیکی نور
۶۸	

۴. ایمنی در آزمایشگاه و نوشتن گزارش علمی

۷۳	۱-۴ مروری بر فصل
۷۵	۲-۴ مقدمه‌ای بر ایمنی در آزمایشگاه
۷۶	۱-۲-۴ روش‌های آزمایشگاهی خوب
۷۶	۲-۲-۴ آماده‌سازی
۷۷	۳-۲-۴ لباس‌های محافظ
۸۰	۴-۲-۴ حفاظت از چشم
۸۰	۵-۲-۴ خطرات آزمایشگاه
۸۰	۱-۵-۲-۴ خطرات شیمیایی
۸۱	۲-۵-۲-۴ خطرات ظروف شیشه‌ای
۸۲	۳-۵-۲-۴ نور لیزر
۸۲	۴-۵-۲-۴ خطرات آتش
۸۳	۶-۲-۴ برچسب‌گذاری خطر: انجمن ملی حفاظت در برابر آتش‌سوزی
۸۴	۷-۲-۴ خلاصه‌ای از قانون‌های ایمنی مهم



۸۶	۸-۲-۴ ایمنی در آزمایشگاه‌های آموزشی
۸۷	۹-۲-۴ مراحل تخلیه اضطراری
۸۸	۳-۴ نوشتن گزارش علمی
۸۸	۱-۳-۴ مقدمه
۸۹	۲-۳-۴ شروع کار
۹۱	۳-۳-۴ فرمت گزارش
۹۱	۱-۳-۳-۴ چکیده
۹۱	۲-۳-۳-۴ مقدمه
۹۱	۳-۳-۳-۴ مواد و روش‌ها
۹۲	۴-۳-۳-۴ نتایج
۹۲	۵-۳-۳-۴ بحث
۹۲	۶-۳-۳-۴ نتیجه‌گیری
۹۳	۷-۳-۳-۴ منابع
۹۴	۴-۳-۴ سخن پایانی

۹۷ ۵. آزمایشگاه‌های نانوفناوری

۹۹	۱-۵ سنتز نانوذرات طلا با استفاده از روش شیمیایی تر
۹۹	۱-۱-۵ هدف
۹۹	۲-۱-۵ مقدمه
۱۰۲	۳-۱-۵ مفاهیم کلیدی
۱۰۲	۴-۱-۵ آزمایش
۱۰۲	۱-۴-۱-۵ مواد/واکنشگرها
۱۰۲	۲-۴-۱-۵ لوازم شیشه‌ای و تجهیزات
۱۰۳	۵-۱-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۱۰۳	۶-۱-۵ فرآیند: تهیه نانوذرات طلا به وسیله روش شیمیایی تر
۱۰۴	۱-۶-۱-۵ بخش الف) Au NPs تغلیظ شده با عامل پوشاننده (سدیم سیترات)
۱۰۵	۲-۶-۱-۵ بخش ب) Au NPs تغلیظ شده بدون عامل پوشاننده (سدیم سیترات)
۱۰۷	۳-۶-۱-۵ بخش ج) Au NPs رقیق شده با عامل پوشاننده (سدیم سیترات)
۱۰۸	۴-۶-۱-۵ بخش د) Au NPs رقیق شده بدون عامل پوشاننده (سدیم سیترات)
۱۱۰	۷-۱-۵ مشخصه‌یابی نانوذرات طلا
۱۱۱	۲-۵ بیوسنتز نانوذرات نقره سازگار با محیط
۱۱۱	۱-۲-۵ هدف
۱۱۱	۲-۲-۵ مقدمه
۱۱۳	۳-۲-۵ مفاهیم کلیدی
۱۱۳	۴-۲-۵ آزمایش
۱۱۳	۱-۴-۲-۵ مواد/واکنشگرها
۱۱۳	۲-۴-۲-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۱۴	۵-۲-۵ اقدامات احتیاطی

۱۱۴	۶-۲-۵ فرآیند: تهیه نانوذرات نقره
۱۱۵	۱-۶-۲-۵ بخش الف) بیوسنتز Ag NPs با استفاده از عصاره گیاه/برگ
۱۱۷	۲-۶-۲-۵ بخش ب) بیوسنتز Ag NPs با استفاده از چای سبز
۱۱۹	۷-۲-۵ مشخصه‌یابی نانوذرات نقره
۱۲۰	۳-۵ سنتز نانوذرات روی سولفید به‌وسیله روش میسل معکوس
۱۲۰	۱-۳-۵ هدف
۱۲۰	۲-۳-۵ مقدمه
۱۲۳	۳-۳-۵ مفاهیم کلیدی
۱۲۳	۴-۳-۵ آزمایش
۱۲۳	۱-۴-۳-۵ مواد/واکنشگرها
۱۲۳	۲-۴-۳-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۲۴	۵-۳-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۱۲۴	۶-۳-۵ فرآیند: سنتز نانوکریستال‌های روی سولفید با روش میسل معکوس
۱۲۵	۱-۶-۳-۵ بخش الف) تهیه دوغاب فاز روغنی اولیه
۱۲۶	۲-۶-۳-۵ بخش ب) تهیه فرکشن‌های محلول
۱۲۶	۳-۶-۳-۵ بخش ج) تهیه نانوکریستال‌های تغلیظ شده ZnS
۱۲۸	۴-۶-۳-۵ بخش د) تهیه نانوکریستال‌های رقیق شده ZnS
۱۲۸	۷-۳-۵ مشخصه‌یابی نانوکریستال‌های روی سولفید
۱۲۹	۴-۵ سنتز نانوذرات کربنی فلورسنت از دوده شمع
۱۲۹	۱-۴-۵ هدف
۱۲۹	۲-۴-۵ مقدمه
۱۳۱	۳-۴-۵ مفاهیم کلیدی
۱۳۱	۴-۴-۵ آزمایش
۱۳۱	۱-۴-۴-۵ مواد/واکنشگرها
۱۳۱	۲-۴-۴-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۳۱	۵-۴-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۱۳۲	۶-۴-۵ فرآیند
۱۳۲	۱-۶-۴-۵ بخش الف) سنتز CNPs فلورسنت از دوده کربن
۱۳۴	۲-۶-۴-۵ بخش ب) سنتز CNPs فلورسنت با استفاده از روش TLC
۱۳۴	۷-۴-۵ مشخصه‌یابی نانوذرات کربنی
۱۳۶	۵-۵ سنتز نانومیله‌های اکسید روی با روش مایکروویو
۱۳۶	۱-۵-۵ هدف
۱۳۶	۲-۵-۵ مقدمه
۱۳۷	۳-۵-۵ مفاهیم کلیدی
۱۳۷	۴-۵-۵ آزمایش
۱۳۷	۱-۴-۵-۵ مواد/واکنشگرها
۱۳۷	۲-۴-۵-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۳۸	۵-۵-۵ اقدامات احتیاطی ویژه

۱۳۸	۶-۵-۵ فرآیند: تهیه نانومیله‌های ZnO به‌وسیله یک میکروویو
۱۳۸	۱-۶-۵-۵ (بخش الف) تهیه محلول‌های ZnO
۱۳۸	۲-۶-۵-۵ (بخش ب) سنتز نانومیله‌های ZnO با روش میکروویو
۱۴۳	۳-۶-۵-۵ (بخش ج) مشاهدات از نانومیله‌های ZnO به‌وسیله UV و میکروسکوپ نوری
۱۴۴	۷-۵-۵ مشخصه‌یابی نانومیله‌های اکسید روی
۱۴۵	۶-۵-۵ سنتز نانوذرات دوفلزی از طریق روش‌های شیمی تر
۱۴۵	۱-۶-۵ هدف
۱۴۵	۲-۶-۵ مقدمه
۱۴۶	۳-۶-۵ مفاهیم کلیدی
۱۴۷	۴-۶-۵ آزمایش
۱۴۷	۱-۴-۶-۵ مواد/واکنشگرها
۱۴۷	۲-۴-۶-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۴۷	۵-۶-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۱۴۸	۶-۶-۵ فرآیند: سنتز نانوذرات دوفلزی (Fe@Au، Fe@Ag) از روش شیمیایی تر
۱۴۸	۱-۶-۶-۵ (بخش الف) سنتز نانوذرات دوفلزی Fe@Au حاوی عامل پوشش‌دهنده
۱۵۰	۲-۶-۶-۵ (بخش ب) سنتز نانوذرات دوفلزی Fe@Ag حاوی عامل پوشش‌دهنده
۱۵۲	۷-۶-۵ مشخصه‌یابی نانوذرات دوفلزی Fe@Ag و Fe@Au
	۷-۵-۵ سنتز نانوذرات پلیمری از طریق روش اصلاح‌شده نفوذ خودبه‌خودی حلال
۱۵۳	امولسیون
۱۵۳	۱-۷-۵ هدف
۱۵۳	۲-۷-۵ مقدمه
۱۵۴	۳-۷-۵ مفاهیم کلیدی
۱۵۶	۴-۷-۵ آزمایش
۱۵۶	۱-۴-۷-۵ مواد/واکنشگرها
۱۵۶	۲-۴-۷-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۵۶	۵-۷-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
	۶-۷-۵ فرآیند: سنتز نانوذرات PLGA از طریق روش اصلاح‌شده نفوذ خودبه‌خودی حلال
۱۵۷	امولسیون
۱۵۷	۱-۶-۷-۵ (بخش الف) تهیه محلول پلیمری (PLGA)
۱۵۹	۲-۶-۷-۵ (بخش ب) تهیه محلول سورفکتانت (PVA)
۱۵۹	۳-۶-۷-۵ (بخش ج) تهیه PLGA NPs
۱۶۰	۷-۷-۵ مشخصه‌یابی نانوذرات پلیمری
۱۶۱	۸-۵ نانوپزشکی قانونی: تجزیه و تحلیل انگشت‌نگاری؛ قدمی به سوی دنیای نانو
۱۶۱	۱-۸-۵ هدف
۱۶۱	۲-۸-۵ مقدمه
۱۶۴	۲-۴-۸-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۶۴	۵-۸-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۱۶۴	۳-۸-۵ مفاهیم کلیدی

۱۶۴	۴-۸-۵ آزمایش
۱۶۴	۱-۴-۸-۵ مواد/واکنشگرها
۱۶۵	۶-۸-۵ فرآیند
۱۶۵	۱-۶-۸-۵ الف) تهیه لام‌های اثرانگشت
۱۶۶	۲-۶-۸-۵ بخش ب) تهیه اثرانگشت تونر کربنی
۱۶۸	۳-۶-۸-۵ بخش ج) تهیه اثرانگشت سوپرچسب-فرآیند بخار دادن
۱۶۹	۷-۸-۵ مشخصه‌یابی تجزیه و تحلیل اثرانگشت
	۹-۵ سنتز مهره‌های آلزینات و بررسی رهایش اسید سیتریک از یک پوشش نانوبوسته‌ای یک پلیمر
۱۷۰	۱-۹-۵ هدف
۱۷۰	۲-۹-۵ مقدمه
۱۷۲	۳-۹-۵ مفاهیم کلیدی
۱۷۳	۴-۹-۵ آزمایش
۱۷۳	۱-۴-۹-۵ مواد/واکنشگرها
۱۷۳	۱-۳-۹-۵ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۱۷۴	۵-۹-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۱۷۴	۶-۹-۵ فرآیند: سنتز و پروفایل رهایش در کپسول‌های آلزینات بارگذاری شده با دارو
۱۷۴	۱-۶-۹-۵ بخش الف) تهیه محلول‌ها و مهره‌های آلزینات
۱۷۸	۲-۶-۹-۵ بخش ب ۱) تشکیل و انکپسوله کردن کپسول‌های مهره‌های آلزینات
۱۸۰	۳-۶-۹-۵ بخش ب ۲) تشکیل کپسول‌های مهره‌های آلزینات با پوشش کیتوزان
۱۸۰	۴-۶-۹-۵ بخش ج ۱) مطالعه رهایش رنگ انکپسوله شده در کپسول‌های مهره‌های آلزینات
۱۸۲	۵-۶-۹-۵ بخش ج ۲) بررسی رهایش اسیدی از کپسول‌های مهره‌های آلزینات
	۱۰-۵ اثر ابرآب‌گریزی و خودتمیزشوندگی سطح
۱۸۹	۱-۱۰-۵ هدف
۱۸۹	۲-۱۰-۵ مقدمه
۱۹۱	۳-۱۰-۵ مفاهیم کلیدی
۱۹۲	۴-۱۰-۵ آزمایش
۱۹۲	۱-۴-۱۰-۵ مواد/واکنشگرها
۱۹۲	۲-۴-۱۰-۵ لوازم شیشه‌ای تجهیزات
۱۹۲	۵-۱۰-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۱۹۲	۶-۱۰-۵ فرآیند: ابرآب‌گریزی و اثر خودتمیزشوندگی سطح
۱۹۳	۱-۶-۱۰-۵ بخش الف ۱) تهیه برگ بر روی لام میکروسکوپ: برگ‌های آب‌دوست
۱۹۴	۲-۶-۱۰-۵ بخش الف ۲) تهیه برگ بر روی لام میکروسکوپ: برگ‌های ابرآب‌گریز
۱۹۵	۳-۶-۱۰-۵ بخش ب ۱) محاسبه زاویه تماس برگ‌های آب‌دوست با استفاده از عکس‌های دیجیتال
۱۹۵	۴-۶-۱۰-۵ بخش ب ۲) محاسبه زاویه تماس برگ‌های ابرآب‌گریز با استفاده از عکس‌های دیجیتال
۱۹۶	
۱۹۷	۵-۶-۱۰-۵ بخش ج ۱) خودجایگزین‌گری موم برگ: برگ‌های آب‌دوست؛ محاسبه زاویه تماس با استفاده از عکس دیجیتال

۱۹۸	۵-۱۰-۶-۶ بخش ج ۲) خواص خودجایگزین‌گری موم برگ: برگ‌های ابرآب‌گریز؛ محاسبه زاویه تماس با استفاده از عکس دیجیتال
۱۹۹	۵-۱۰-۶-۷ بخش د ۱) آزمایش خودتمیزکنندگی با استفاده از تونر سیاه: برگ کامل آب‌دوست
۲۰۰	۵-۱۰-۶-۸ بخش د ۲) آزمایش خودتمیزکنندگی با استفاده از تونر سیاه: برگ کامل ابرآب‌گریز
۲۰۱	۵-۱۰-۶-۹ بخش ح ۱: آزمایش خودتمیزکنندگی با استفاده از تونر سیاه: برگ‌های آب‌دوست؛ لام‌های میکروسکوپی
۲۰۲	۵-۱۰-۶-۱۰ بخش ح ۲) آزمایش خودتمیزکنندگی با استفاده از تونر سیاه: برگ‌های ابرآب‌گریز؛ لام‌های میکروسکوپی
۲۰۳	۵-۱۰-۷ محاسبه زاویه تماس
۲۰۴	۵-۱۱ تجزیه و تحلیل نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی
۲۰۴	۵-۱۱-۱ هدف
۲۰۴	۵-۱۱-۲ مقدمه
۲۰۵	۵-۱۱-۳ مفاهیم کلیدی
۲۰۶	۵-۱۱-۴ آزمایش
۲۰۶	۵-۱۱-۴-۱ مواد واکنشگرها
۲۰۶	۵-۱۱-۴-۲ وسایل شیشه‌ای/تجهیزات
۲۰۶	۵-۱۱-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۲۰۷	۵-۱۱-۶ فرآیند: تجزیه و تحلیل نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی
۲۰۸	۵-۱۱-۶-۱ نمونه‌های جامد
۲۰۸	۵-۱۱-۶-۲ نمونه‌های زیستی
۲۰۹	۵-۱۱-۶-۳ نمونه‌های پودری
۲۰۹	۵-۱۱-۶-۳-۱ پودرهای ۱ میکرومتری یا بیشتر
۲۱۰	۵-۱۱-۶-۳-۲ پودرهای ۱ میکرومتری یا کمتر
۲۱۲	۵-۱۱-۶-۴ نمونه‌های مایع
۲۱۳	۵-۱۲ تجزیه و تحلیل نمونه با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی
۲۱۳	۵-۱۲-۱ هدف
۲۱۳	۵-۱۲-۲ مقدمه
۲۱۵	۵-۱۲-۳ مفاهیم کلیدی
۲۱۵	۵-۱۲-۴ آزمایش
۲۱۵	۵-۱۲-۴-۱ مواد و واکنشگرها
۲۱۶	۵-۱۲-۴-۲ لوازم شیشه‌ای/تجهیزات
۲۱۶	۵-۱۲-۵ اقدامات احتیاطی ویژه
۲۱۶	۵-۱۲-۶ فرآیند: تجزیه و تحلیل نمونه با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی
۲۱۹	۵-۱۲-۶-۱ مایعات
۲۱۹	۵-۱۲-۶-۲ جامدها
۲۱۹	۵-۱۲-۶-۳ پودرهای ۱ μm یا کمتر