فهرست

پیشگفتار مترجمین ۱۵

پیشگفتار مؤلف ۱۷

مقدمه ۱۹

درباره نویسنده ۲۱

فصل اول : جهان نانو ۲۳

۱-۱ مقدمه ۲۳

۱-۲ نانوتکنولوژی ۲۴

۱-۳ علوم نانو ۲۵

۱-۴ راه‌های بیولوژیکی طبیعی ۲۶

۱-۵ مثال‌هایی از نانو مواد و نانوساختارها در طبیعت ۲۶

۱-۵-۱ منقار ماهی مرکب هامبولت (**The Beak of the Humbolt Squid (Dosidicus gigas)**) ۲۷

۱-۵-۲ ریش‌های صدف دریایی ماسل (**The Beard of the Mussel (Mytilus edulis)**) ۲۸

۱-۵-۳ خواص فوق آبگریزی کشف شده در برگ‌های برخی از گیاهان ۳۰

۱-۶ بررسی اجمالی فصول بعدی ۳۲

فصل دوم : نانو مواد و ساخت آنها ۳۵

۲-۱ مقدمه ۳۵

۲-۲ مواد دارای ابعاد نانومتری ۳۶

۲-۳ انواع مواد نانومتری ۳۹

۲-۳-۱ مواد فلزای در مقیاس نانومتری ۴۰

۲-۳-۱-۱ نانوذرات طلا ۴۰

۲-۳-۱-۲ نانوذرات نقره ۴۱

۲-۳-۱-۳ نانوذرات مسی ۴۲

۲-۳-۱-۴ نانوذرات آهن ۴۲

۲-۳-۲ نانوذرات اکسید فلزی ۴۳

۲-۳-۲-۱ اکسید آلومینیوم ۴۳

۲-۳-۲-۲ دی اکسید تیتانیوم ۴۴
۲-۳-۲-۳ اکسید روی ۴۴
۲-۳-۲-۴ اکسیدهای آهن ۴۵
۲-۳-۳ نانوذرات پلیمری ۴۵
۲-۳-۴ نقاط کوانتومی ۴۶
۲-۳-۵ نانومواد کربنی ۴۸
۲-۳-۵-۱ نانولوله‌های کربنی ۴۹
۲-۳-۵-۲ گرافن ۵۱
۲-۴ سنتز مواد دارای مقیاس نانومتری ۵۱
۲-۴-۱ مقدمه ۵۱
۲-۴-۲ تکنیک‌های بالا به پایین ۵۳
۲-۴-۲-۱ فوتولیوگرافی ۵۳
۲-۴-۲-۲ برآرایی پرتو مولکولی ۵۳
۲-۴-۳ تکنیک‌های پایین به بالا ۵۴
۲-۴-۳-۱ کلوئیدها ۵۴
۲-۴-۳-۲ فرآیند سل-ژل ۵۵
۲-۴-۳-۳ رسوب بخار و رسوب شیمیایی بخار ۵۶
۲-۴-۳-۴ برون پاشی ۵۶
۲-۴-۳-۵ کندوسوز لیزری ۵۶
۲-۴-۳-۶ قالب‌های آنودیِ اکسید آلومینیوم ۵۶
۲-۴-۳-۷ پیرولیز پاششی ۵۷
۲-۴-۳-۸ سنتز مبتنی بر التراسوند ۵۸
۲-۴-۳-۹ سنتز با استفاده از مایکروویو ۵۸

فصل سوم: روش‌های مشخصه یابی برای مطالعه نانومواد ۶۱

۳-۱ مقدمه ۶۱
۳-۲ میکروسکوپ الکترونی روبشی ۶۳
۳-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری ۶۶
۳-۴ میکروسکوپ تونلی روبشی ۶۷
۳-۵ میکروسکوپ نیروی اتمی ۶۹
۳-۶ پراش اشعه ایکس ۷۴
۳-۷ طیف سنج مرئی و ماوراء بنفش (UV-Vis) ۷۶
۳-۸ کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) ۷۷
۳-۹ طیف سنجی رامان ۷۹
۳-۱۰ پراکندگی نور دینامیکی ۸۰

فصل چهارم: ایمنی در آزمایشگاه و گزارش نویسی علمی ۸۳
۴-۱ مروری بر فصل ۸۳
۴-۲ مقدمه‌ای بر ایمنی در آزمایشگاه ۸۳
۴-۲-۱ تمرینات خوب آزمایشگاهی ۸۴
۴-۲-۲ آماده‌سازی ۸۶
۴-۲-۳ لباس‌های محافظ ۸۷
۴-۲-۴ محافظ چشم ۸۷
۴-۲-۵ خطرات آزمایشگاهی ۸۸
۴-۲-۵-۱ خطرات مواد شیمیایی ۸۸
۴-۲-۵-۲ خطرات ظروف ۸۹
۴-۲-۵-۳ لیزر نوری ۸۹
۴-۲-۵-۴ خطرات آتش‌سوزی ۹۰
۴-۲-۶ خطرات برچسب‌گذاری: انجمن ملی حفاظت از آتش ۹۰
۴-۲-۷ خلاصه‌ای از قوانین مهم ایمنی ۹۲
۴-۲-۸ ایمنی در اصول آزمایشگاهی ۹۳
۴-۲-۹ روش‌های دفع ۹۵
۴-۳ گزارش‌نویسی علمی ۹۵
۴-۳-۱ مقدمه ۹۵
۴-۳-۲ شروع ۹۷
۴-۳-۳ فرمت گزارش ۹۸
۴-۳-۳-۱ چکیده ۹۸
۴-۳-۳-۲ مقدمه ۹۸
۴-۳-۳-۳ مواد و روش‌ها ۹۹
۴-۳-۳-۴ نتایج ۹۹
۴-۳-۳-۵ بحث و گفتگو ۱۰۰
۴-۳-۳-۶ نتیجه‌گیری ۱۰۰
۴-۳-۳-۷ منابع ۱۰۰
۴-۳-۴ نکات پایانی ۱۰۱

فصل پنجم: آزمایشگاه‌های نانوتکنولوژی ۱۰۳
۵-۱ سنتز نانوذرات طلا با روش شیمی مرطوب ۱۰۳
۵-۱-۱ هدف ۱۰۳
۵-۱-۲ مقدمه ۱۰۳
۵-۱-۳ مفاهیم کلیدی ۱۰۶
۵-۱-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۰۶

۵-۱-۴-۱ مواد یا معرف‌ها ۱۰۶
۵-۱-۴-۲ ظروف یا تجهیزات شیشه‌ای ۱۰۶
۵-۱-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۱۰۷
۵-۱-۶ روش: تهیه نانوذرات طلا با روش شیمیایی مرطوب ۱۰۷
۵-۱-۶-۱ بخش اول: نانوذرات طلای غلیظ با سیترات سدیم ۱۰۷
۵-۱-۶-۲ بخش دوم: نانوذرات طلای غلیظ بدون سیترات سدیم ۱۰۸
۵-۱-۶-۳ بخش سوم: رقیق کردن نانوذرات طلا با سیترات سدیم ۱۰۹
۵-۱-۶-۴ بخش چهارم: نانوذرات طلای رقیق‌سازی شده بدون سیترات سدیم ۱۱۰
۵-۱-۷ مشخصه‌یابی نانوذرات طلا ۱۱۱
۵-۲ بیوسنتز نانوذرات زیست‌سازگار نقره ۱۱۱
۵-۲-۱ هدف ۱۱۱
۵-۲-۲ مقدمه ۱۱۱
۵-۲-۳ مفاهیم کلیدی ۱۱۴
۵-۲-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۱۴
۵-۲-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۱۴
۵-۲-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۱۴
۵-۲-۵ احتیاط‌های ایمنی ۱۱۵
۵-۲-۶ روش ۱۱۵
۵-۲-۶-۱ بیوسنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره‌های گیاه یا عصاره‌های برگ ۱۱۶
۵-۲-۶-۲ بخش دوم: بیوسنتز نانوذرات نقره با استفاده از چای‌سبز ۱۱۷
۵-۲-۷ مشخصه‌یابی نانوذرات نقره ۱۱۸
۵-۳ سنتز نانوذرات سولفید روی با روش میسل معکوس ۱۱۹
۵-۳-۱ هدف ۱۱۹
۵-۳-۲ مقدمه ۱۱۹
۵-۳-۳ مفاهیم کلیدی ۱۲۲
۵-۳-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۲۲
۵-۳-۴-۱ مواد یا معرف‌ها ۱۲۲
۵-۳-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۲۳
۵-۳-۵ احتیاط‌های ایمنی ویژه ۱۲۳
۵-۳-۶ روش: سنتز نانوبلورهای سولفید روی از طریق روش میسل معکوس ۱۲۳
۵-۳-۶-۱ بخش اول: تهیه فاز روغنیِ اولیه‌یِ محلول مانند ۱۲۵
۵-۳-۶-۲ بخش دوم: آماده سازی کسرهای محلول ۱۲۶
۵-۳-۶-۳ بخش سوم: آماده سازی نانوکریستال های غلیظ **ZnS** ۱۲۶
۵-۳-۶-۴ بخش چهارم: تهیه نانوبلورهای **ZnS** رقیق‌شده ۱۲۷
۵-۳-۷ مشخصه‌یابی نانوبلورهای سولفید روی ۱۲۸

۵-۴ سنتز نانوذرات کربن فلورسنت توسط دوده بخاری شمع ۱۲۹
۵-۴-۱ هدف ۱۲۹
۵-۴-۲ مقدمه ۱۲۹
۵-۴-۳ مفاهیم کلیدی ۱۳۰
۵-۴-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۳۱
۵-۴-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۳۱
۵-۴-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۳۱
۵-۴-۵ احتیاط‌های ایمنی ویژه ۱۳۱
۵-۴-۶ روش ۱۳۲
۵-۴-۶-۱ بخش اول: سنتز نانوذرات کربن فلورسنت از طریق دوده شمع ۱۳۲
۵-۴-۶-۲ بخش دوم: جداسازی نانوذرات کربن فلورسنت با استفاده از روش کروماتوگرافی لایه نازک ۱۳۴
۵-۴-۷ مشخصه‌یابی نانوذرات کربن ۱۳۵
۵-۵ سنتز نانومیله‌های اکسید روی با استفاده از امواج مایکروویو ۱۳۶
۵-۵-۱ هدف ۱۳۶
۵-۵-۲ مقدمه ۱۳۶
۵-۵-۳ مفاهیم کلیدی ۱۳۷
۵-۵-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۳۷
۵-۵-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۳۷
۵-۵-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۳۸
۵-۵-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۱۳۸
۵-۵-۶ روش: تهیه نانومیله‌های اکسید روی با استفاده از امواج مایکروویو ۱۳۸
۵-۵-۶-۱ بخش اول: تهیه محلول‌های اکسید روی ۱۳۹
۵-۵-۶-۲ بخش دوم: سنتز نانومیله‌های اکسید روی با استفاده از امواج مایکروویو ۱۴۰
۵-۵-۶-۳ بخش سوم: مشاهدات نانومیله‌های اکسید روی توسط تابش فرابنفش و میکروسکوپ نوری ۱۴۱
۵-۵-۷ مشخصه‌یابی نانومیله‌های اکسید روی ۱۴۲
۵-۶ سنتز نانوذرات دو فلزی با استفاده از روش‌های شیمیایی مرطوب ۱۴۳
۵-۶-۱ هدف ۱۴۳
۵-۶-۲ مقدمه ۱۴۳
۵-۶-۳ مفاهیم کلیدی ۱۴۴
۵-۶-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۴۴
۵-۶-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۴۴
۵-۶-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۴۵
۵-۶-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۱۴۵
۵-۶-۶ روش: سنتز نانوذرات دو فلزی (**Fe@Au**، **Fe@Ag**) با روش شیمیایی مرطوب ۱۴۶
۵-۶-۶-۱ بخش اول: سنتز نانوذرات دو فلزی **Fe@Au** در حضور عامل پوشاننده ۱۴۶

۵-۶-۶-۲ بخش دوم: سنتز نانوذرات دو فلزی **Fe@Ag** در حضور عامل پوشاننده ۱۴۸
۵-۶-۷ مشخصه‌یابی نانوذرات دو فلزی **Fe@Au** و **Fe@Ag** ۱۴۹
۵-۷ سنتز نانوذرات پلیمری از طریق استفاده از رویکرد اصلاح شده از روش انتشار حلال امولسیفیکاسیون خودبه‌خود ۱۴۹
۵-۷-۱ هدف ۱۴۹
۵-۷-۲ مقدمه ۱۴۹
۵-۷-۳ مفاهیم کلیدی ۱۵۱
۵-۷-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۵۱
۵-۷-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۵۱
۵-۷-۴-۲ ظروف یا تجهیزات شیشه‌ای ۱۵۲
۵-۷-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۱۵۲
۵-۷-۶ روش: سنتز نانوذرات **PLGA** توسط یک رویکرد اصلاح شده از روش انتشار حلال امولسیفیکاسیون خود به خودی ۱۵۳
۵-۷-۶-۱ بخش اول: تهیه محلول پلیمری **(PLGA)** ۱۵۳
۵-۷-۶-۲ بخش دوم: تهیه سورفکتانت (پلی وینیل الکل) ۱۵۴
۵-۷-۶-۳ بخش سوم: آماده سازی نانوذرات **PLGA** ۱۵۴
۵-۷-۷ مشخصه‌یابی نانوذرات پلیمری ۱۵۵
۵-۸ استفاده نانوفارنزیک‌ها در آنالیز انگشت‌نگاری: گامی به‌سوی ورود به دنیای نانو ۱۵۶
۵-۸-۱ هدف ۱۵۶
۵-۸-۲ مقدمه ۱۵۶
۵-۸-۳ مفاهیم کلیدی ۱۵۹
۵-۸-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۵۹
۵-۸-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۵۹
۵-۸-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۵۹
۵-۸-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۱۶۰
۵-۸-۶ روش ۱۶۰
۵-۸-۶-۱ بخش اول: آماده سازی لام‌ها از اثر انگشت ۱۶۰
۵-۸-۶-۲ بخش دوم: تهیه اثر انگشت با تونر کربن ۱۶۱
۵-۸-۶-۳ بخش سوم: آماده سازی فرآیند دود آکند کردن اثر انگشت توسط چسب قطره‌ای ۱۶۲
۵-۸-۷ مشخصه‌یابی آنالیز اثر انگشت ۱۶۳
سؤالات ۱۶۳
۵-۹ سنتز بسترهای آلژینات و بررسی رهایش اسید سیتریک از پوشش نانوپوسته‌ای پلیمر ۱۶۵
۵-۹-۱ هدف ۱۶۵
۵-۹-۲ مقدمه ۱۶۵
۵-۹-۳ مفاهیم کلیدی ۱۶۸

۵-۹-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۶۸
۵-۹-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۶۸
۵-۹-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۶۹
۵-۹-۵ احتیاط‌های ایمنی ویژه ۱۶۹
۵-۹-۶ روش: پروفایل سنتز و رهایش دارو برای کپسول‌های آلژینات حاوی دارو ۱۶۹
۵-۹-۶-۱ بخش اول: تهیه محلول‌ها و دانه‌های آلژیناتی ۱۷۰
۵-۹-۶-۲ قسمت **IIa**: تشکیل و کپسوله‌سازی کپسول‌های آلژیناتی دانه‌دار ۱۷۴
۵-۹-۶-۳ بخش **IIb**: تشکیل کپسول‌های آلژیناتی پوشش داده شده با کیتوزان ۱۷۵
۵-۹-۶-۴ بخش **IIIa**: مطالعات رهایش رنگدانه کپسوله‌شده در کپسول‌های آلژیناتی دانه‌دار ۱۷۵
آنالیز ۱۷۶
۵-۹-۶-۵ بخش **IIIb**: مطالعات رهایش اسید از کپسول‌های آلژیناتی دانه‌دار کپسوله شده ۱۷۷
آنالیز ۱۷۹
۵-۱۰ اَبر آبگریزی یا فوق آبگریزی و اثر خود تمیزشوندگی از یک سطح ۱۸۳
۵-۱۰-۱ هدف ۱۸۳
۵-۱۰-۲ مقدمه ۱۸۳
۵-۱۰-۳ مفاهیم کلیدی ۱۸۶
۵-۱۰-۴ بخش آزمایشگاهی ۱۸۷
۵-۱۰-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۱۸۷
۵-۱۰-۴-۱ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۱۸۷
۵-۱۰-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۱۸۷
۵-۱۰-۶ روش: اَبر آبگریزی و اثر خود تمیز شوندگی سطح ۱۸۸
۵-۱۰-۶-۱ بخش **Ia**: آماده سازی برگ بر روی لام‌های میکروسکوپی - برگ‌های آبدوست ۱۸۹
۵-۱۰-۶-۲ بخش **Ib**: آماده سازی برگ روی لام‌های میکروسکوپی-برگ‌های اَبر آبگریز ۱۹۰
۵-۱۰-۶-۳ بخش **IIa**: تخمین زاویه تماس برگ‌های آبدوست با استفاده از تصاویر دیجیتال ۱۹۱
۵-۱۰-۶-۴ بخش **IIb**: تخمین زاویه تماس برگ‌های اَبر آبگریز با استفاده از تصاویر دیجیتال ۱۹۲
۵-۱۰-۶-۵ بخش **IIIa**: خواص خود تکرار شونده موم برگ، تخمین زاویه تماس برگ‌های آبدوست با استفاده از تصاویر دیجیتال ۱۹۲
۵-۱۰-۶-۶ بخش **IIIb**: خواص خود تکرار شونده موم برگ در برگ‌های اَبر آبگریز - تخمین زاویه تماس با استفاده از تصاویر دیجیتال ۱۹۳
۵-۱۰-۶-۷ بخش **IVa**: آزمایش خود تمیز شوندگی برگ کاملاً آبدوست با استفاده از تونر کربن سیاه ۱۹۴
۵-۱۰-۶-۸ بخش **IVb**: آزمایش خود تمیز شوندگی با استفاده از تونر کربن سیاه برگ کاملاً اَبر آبگریز ۱۹۵
۵-۱۰-۶-۹ بخش **Va**: آزمایش خود تمیز شوندگی برگ‌های آبدوست با استفاده از تونر کربن سیاه – لام‌های میکروسکوپی ۱۹۶
۵-۱۰-۶-۱۰ بخش **Vb**: آزمایش خود تمیز شوندگی برگ‌های اَبر آبگریز با استفاده از تونر کربن سیاه - لام‌های میکروسکوپی ۱۹۷

۵-۱۰-۷ تخمین زاویه تماس ۱۹۸
۵-۱۱ آنالیز نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۱۹۸
۵-۱۱-۱ هدف ۱۹۸
۵-۱۱-۲ مقدمه ۱۹۹
۵-۱۱-۳ مفاهیم کلیدی ۲۰۰
۵-۱۱-۴ بخش آزمایشگاهی ۲۰۱
۵-۱۱-۴-۱ مواد و معرف‌ها ۲۰۱
۵-۱۱-۴-۲ ظروف یا تجهیزات شیشه‌ای ۲۰۱
۵-۱۱-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۲۰۱
۵-۱۱-۶ روش: آنالیز نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۲۰۲
۵-۱۱-۶-۱ نمونه‌های جامد ۲۰۴
۵-۱۱-۶-۲ نمونه‌های بیولوژیکی ۲۰۵
۵-۱۱-۶-۳ نمونه‌های پودری ۲۰۶
۵-۱۱-۶-۳-۱ نمونه‌های پودری ۱ میکرومتری یا بزرگ‌تر ۲۰۶
۵-۱۱-۶-۳-۲ نمونه‌های پودری ۱ میکرومتری یا کوچک‌تر ۲۰۷
۵-۱۱-۶-۴ نمونه‌های مایع ۲۰۷
۵-۱۲ آنالیز نمونه با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی ۲۰۹
۵-۱۲-۱ هدف ۲۰۹
۵-۱۲-۲ مقدمه ۲۰۹
۵-۱۲-۳ مفاهیم کلیدی ۲۱۱
۵-۱۲-۴ بخش آزمایشگاهی ۲۱۲
۵-۱۲-۴-۱ مواد و تجهیزات ۲۱۲
۵-۱۲-۴-۲ ظروف و تجهیزات شیشه‌ای ۲۱۲
۵-۱۲-۵ احتیاط‌های ویژه ایمنی ۲۱۳
۵-۱۲-۶ روش: آنالیز نمونه با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی ۲۱۳
۵-۱۲-۶-۱ مایعات ۲۱۴
۵-۱۲-۶-۲ جامدات ۲۱۵
۵-۱۲-۶-۳ نمونه‌های پودری ۲۱۵
۵-۱۲-۶-۳-۱ نمونه‌های پودری ۱ میکرومتری یا بزرگ‌تر ۲۱۵
۵-۱۲-۶-۳-۲ نمونه‌های پودری ۱ میکرومتری یا کوچک‌تر ۲۱۶

فصل ششم : پروژه های نانوتکنولوژی و علم نانو ۲۱۹
۶-۱ مقدمه ۲۱۹
۶-۲ پروژه‌های نانو سنتز ۲۲۲
۶-۲-۱ نانوذرات طلا (آزمایشگاه ۵-۱) ۲۲۲

۶-۲-۲ نانوذرات نقره (آزمایشگاه ۵-۲) ۲۲۲
۶-۲-۳ نانوذرات نقاط کوانتومی سلنیوم / سولفید روی (آزمایشگاه ۵-۳) ۲۲۳
۶-۲-۴ نانوذرات اکسید روی (آزمایشگاه ۵-۵) ۲۲۳
۶-۲-۵ نانوذرات دو فلزی (آزمایشگاه ۵-۶) ۲۲۳
۶-۲-۶ نانوذرات پلیمری (آزمایشگاه ۵-۷) ۲۲۳
۶-۲-۷ دانه‌های آلژینات و یا کیتوزان (آزمایشگاه ۵-۹) ۲۲۳
۶-۲-۸ سطوح ابر آبگریز (آزمایشگاه ۵-۱۰) ۲۲۴
۶-۳ پروژه‌های مشخصه‌یابی مواد نانویی ۲۲۴
۶-۳-۱ میکروسکوپ نیروی اتمی ۲۲۴
۶-۳-۲ میکروسکوپ تونلی روبشی ۲۲۴
۶-۳-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی ۲۲۵
۶-۳-۴ میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری ۲۲۵
۶-۳-۵ پراش پرتو ایکس ۲۲۵
۶-۳-۶ طیف سنجی رامان ۲۲۶
۶-۳-۷ طیف سنجی **UV-Vis** ۲۲۶
۶-۳-۸ کروماتوگرافی لایه نازک ۲۲۶
۶-۴ پروژه‌های نانو انرژی ۲۲۷

اختصارات و معانی آنها ۲۳۳

واژه یاب ۲۳۵

تقدیم

در چنین بحری که بحر اعظم است عالمی ذره است و ذره عالم است

عطار

به پاس ایثار و از خودگذشتگی‌شان؛ این مجموعه را تقدیم می‌کنیم به حامیان همیشگی زندگیمان، آنان که مهر آسمانیشان آرام بخش آلام زمینی‌مان است، همچنین با احترام تقدیم می‌گردد به استاد شهید عباسقلی نوابی و تمامی عاشقان علم خدمتگزاران بی‌منت در عرصه‌ی پزشکی و بیمارانی که با تن رنجورشان امید به دستان پژوهشگران دوخته‌اند.

پیشگفتار مترجمین

فناوری نانو در واقع یک حوزه بین رشته‌ای بوده که پیشرفت زیادی را در زمینه‌های مختلف شامل می‌شود. از این رو در سراسر جهان بسیاری از کشورها به ارزش و پتانسیل تحقیقات بر پایه فناوری نانو پی برده‌اند و انقلاب صنعتی بعدی را تکنولوژی نانو پایه‌گذاری خواهد کرد. در همین راستا کتاب‌های تئوری زیادی در زمینه فناوری نانو برای دانشجویان و پژوهشگران در سراسر دنیا وجود دارد اما همواره جای خالی یک کتاب که به بیان اصول در زمینه بسیاری از تکنیک‌های سنتزی اصلی و فرآیندهای مورد استفاده در آن باشد احساس می‌شد.

بر پایه همین نیاز برای تکنیک‌های سنتز و ساخت و توجه به اندازه نانوذرات، دستورالعمل‌هایی برای ارائه کامل تست‌های آزمایشگاهی بر اساس نانوتکنولوژی طراحی و ایجاد شد تا به معرفی، جذب و مشارکت، و الهام بخشیدن دانشجویان رشته‌های متفاوت بپردازد.

نویسنده کتاب کوشیده است تا با ارائه دستورالعمل‌های اجرای ساده، صحیح و جالب آزمایش‌ها در یک محیط آزمایشگاهی را تشریح نماید و از قالب آزمایشگاهی شیمیایی سنتی استفاده نمی‌کند که اندازه‌گیری‌های وزنی از قبل و حین تست آزمایشگاهی ساخته شده باشند. اکثر مواد شیمیایی و معرف‌ها از قبل در رده آزمایشگاهی آماده شده هستند و آماده استفاده‌اند؛ بطوری که می‌توان زمان بیشتری برای انجام آزمایشات و درک فرآیندشان و آنالیزهای بعدی اختصاص داده است.

از این رو مطالعه این کتاب که به همت دانشجویان و دانش‌پژوهان رشته نانو تکنولوژی پزشکی ترجمه گردیده است و مشتمل بر شش فصل کلی می‌باشد را به همه علاقمندان و دانشجویان حوزه علوم و فناوری نانو پیشنهاد می‌کنیم.

با احترام

گروه مترجمین

خرداد ۱۴۰۲

پیشگفتار مؤلف

تأثیر فناوری نانو روی اذهان عمومی، تحقیقات علمی و صنعت در پایان قرن بیستم آغاز شد و پدیده‌ایست که انتظار می‌رود از دست‌آوردهای انقلاب صنعتی قرن هجدهم بیشتر شود. گزارش‌های تخیلی از چگونگی توسعه فناوری نانو، امروزه در بسیاری از کتاب‌ها و فلیم‌ها یافت می‌شود اما در جهان نانو، بدرستی واقعیت غریبانه‌تر از این تخیلات است. برخلاف آنچه که قلبا انتظار داریم انجام شود، ویژگی‌های بنیادین همچون نقطه ذوب بیشتر و رنگ پرنگ‌تر وابسته به اندازه ذره است و در ذره‌ای با اندازه‌های ۱۰ نانومتر یا کمتر بدست می‌آید؛ نقطه ذوب طلا به ۵۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسد و رنگش به قرمز یاقوتی تغییر پیدا می‌کند. حتی اثرات پیش‌بینی شده‌ی تئوری کوانتومی غیر قابل انکار هستند و به عنوان مثال می‌تواند در یک کامپیوتر (شمارنده) کوانتومی مورد استفاده قرار گیرد.

سخنرانی (فضای خالی بسیاری در سطح زیرین وجود دارد) که توسط ریچارد فاینمن فیزیک دان در سال ۱۹۵۹ ارائه شد، الهام بخش آغاز فناوری نانو بود. فاینمن امکان ساخت ساختارهایی از طریق دستکاری اتم‌هایی خاص را مورد بررسی قرار داد. فاینمن در سال ۱۹۶۵ جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد و علوم نانو ثابت کرد که می‌تواند در سال‌های بعد مستحق دریافت جایزه نوبل باشد. برای مثال، جایزه نوبل شیمی در سال ۱۹۹۶ به رابرت کرل (Robert Curl)، هارولد کروتو (Harold Kroto) و ریچارد اسمالی (Richard Smalley) برای کشف فولرن (ساختاری نانومتری از اتم‌های کربن) اهدا شد؛ جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۱۰ به آندری جیم (Andrey Geim) و کونستانتین نووسلف (Konstantin Novoselov) برای کار روی گرافن اهدا شد و جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۱۲ به سرگی هاروچ (Serge Haroche) و دیوید وین لند (David Wineland) برای کار روی سیستم‌های کوانتومی ویژه اهدا شد.

دستورالعمل‌های این کتاب به دانشجویان فرصتی را برای تجربه مستقیم برخی از عجایب جهان نانو از طریق یک سری آزمایش‌های طراحی شده ارائه می‌دهد؛ در عین حال سایزها شامل (یک نانومتر = یک میلیونوم یک میلیمتر) است، اما چگونه می‌توان این آزمایش‌ها را بدرستی انجام داد؟ پاسخ دو پیشرفت علمی دیگر است که منجر به اهدای جایزه نوبل شد.

در سال ۱۹۳۲ ورنر هیسنبرگ (Werner Heisenberg) جایزه نوبل فیزیک را برای ابداع فیزیک کوانتوم دریافت کرد و در سال ۱۹۸۶ جایزه نوبل فیزیک بین ارنست روسکا (Ernst Ruska) برای طراحی اولین میکروسکوپ الکترونی و جرد بینیگ (Gerd Binnig) و هینریچ رورر (Heinrich Rohrer) برای طراحی میکروسکوپ تونل زنی روبشی (STM)، تقسیم شد. فیزیک کوانتوم اجازه می‌دهد تا جهان نانو از لحاظ

نظری قابل درک باشد و میکروسکوپ‌های پیشرفته، نانو ساختارها را قابل درک و حتی قابل لمس کرده‌اند.

موضوع فناوری نانو که آزمایش‌های این کتاب به خوبی نشان می‌دهد این است که طبیعت مدت‌ها پیش به مزایای نانو ساختارها پی برد و سودی در حال رشد در علم و صنعت وجود دارد که در زمینه الگوبرداری از طبیعت در حال پدیدار آمدن است. یک مثال مشهور (اثر لوتوس) است که ساختارهای نانو مقیاس در برگ گیاه لوتوس، آن‌ها را بشدت هیدروفوب می‌کند؛ در نتیجه قطرات آب لیز خورده و ذرات کثیف با آنها گرفته می‌شود؛ این اثر در حال حاضر برای تولید تجاری شیشه‌های خود تمیز شونده مورد استفاده قرار می‌گیرد. نویسنده اثری مشابه را در یک گیاه بومی استرالیا کشف کرد و نشان داد که ساختار نانویی می‌تواند به سادگی حذف شده و روی سطوح دیگری قرار گیرد. ترکیب چگالی (سفتی) و وزن سبک استخوان‌ها از کریستال‌های غیرآلی نانو مقیاس در ماتریکس آلی حاصل می‌شود. نویسنده‌ی این کتاب با موفقیت این موضوع را به جهت پیشرفت استخوان‌های مصنوعی که به سادگی توسط میزبان زنده پذیرفته می‌شود به وجود آورده است. نویسنده همچنین در استفاده از نانوساختارها جهت مونتاژ پوست برای ایجاد بافت پیشگام شده است. بنابراین اطلاعات دستورالعمل‌های آزمایشگاهی، از شخصی ناشی می‌شود که نه تنها در زمینه علمی شناخته شده است بلکه یکی از پیشگامان آن است.

دستورالعمل‌های آزمایشگاهی این کتاب یک منبع عالی و دقیق، برای دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد که در حوزه علوم نانو در حال کار هستند را فراهم می‌کند. این کتاب توسط متخصص بین المللی شناخته شده در این زمینه نوشته شده است و به بهترین شکل ارئه شده تا فناوری نانو را برای طیف وسیعی از دانشجویان ملموس سازد. فیزیک، شیمی، زیست و علم مواد دامنه مربوط به موضوعات نانو را پوشش می‌دهد و شامل نظریه‌های اساسی همچون بسیاری از آزمایش‌های دستی است که به خوبی مورد توجه قرار گرفته و این کتاب سال‌ها توسط نویسنده تدریس شده است. این آزمایش‌ها بر اساس توصیفی کامل از نانومواد پایه‌ریزی شده و تکنیک‌های بسیار مهمی از ویژگی‌های نمونه‌ای است که طبیعت کامل جهان نانو را آشکار می‌سازد. مطالب با تصاویری عالی و جذاب ارائه شده‌اند. مهم‌تر از همه، آزمایش‌ها خلاقانه و هیجان‌انگیز هستند و اشتیاق زیاد نویسنده برای موضوعاتش در سراسر متن واضح است. امیدوارم این کتاب نسل بعدی دانشمندان و مهندسین را برای کشف لذات دنیای نانو در طبیعت و ساخته‌های آزمایشگاهی تشویق کند.

Gordon M. Parkinson
استاد انرژی‌های نو و معدنی
مدیر موسسه پژوهشی نانوشیمی
دانشگاه کورتین
پرث - استرالیا

مقدمه

فناوری نانو در واقع یک حوزه بین رشته‌ای است که هسته آن ازفیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و مهندسی تشکیل شده است. گسترش کشفیات بر پایه فناوری نانو-و علوم در ابعاد نانو- در دهه اخیر به سرعت توسعه فناوری و استفاده از آن شتاب بخشیده است. در سراسر جهان بسیاری از کشورها به ارزش و پتانسیل تحقیقات بر پایه فناوری نانو-وعلوم در ابعاد نانو- پی برده‌اند. این فناوری‌ها انقلاب صنعتی بعدی را پایه‌گذاری خواهند کرد. برای توسعه این فناوری‌های بر پایه نانو که به سرعت در حال توسعه و پیشرفت است، نسل جدیدی از دانشمندان و مهندسین نیز در دو حوزه علوم نظری و علوم کابردی باید تربیت شوند. اگرچه کتاب‌های تئوری زیادی در زمینه فناوری نانو و علوم بر پایه آن برای دانشجویان کارشناسی و تحصیلات تکمیلی وجود دارد اما در زمینه بسیاری از تکنیک‌های سنتز کلیدی و فرآیندهای مورد استفاده در فناوری نانو و علوم نانو به نسبت کتاب‌ها و راه نماهای کاربردی کمتری وجود دارید. همین عدم وجود راهنمای کامل و کابردی در زمینه ساخت و سنتز ذرات در ابعاد نانو انگیزه برای نوشتن این کتابچه راهنمای مبتنی بر آزمایشگاه بودکه بطور تخصصی برای دانشجویان کارشناسی جهت معرفی دنیای هیجان‌انگیز ساخت و تولید مواد مورد نظر خودشان در ابعاد نانو و نانو ساختارهای مختلف و سپس آنالیز نتیجه‌های آن بوسیله تکنیک‌های پیشرفته تشخیص ساختار نگاشته شده است.

ایده نگاشتن این کتاب از یک نیاز سر تخمینه است و آن نیاز، به اجرا درآوردن مطالعات نظری دانشجویان حاضر در دوره علوم نانو در دانشگاه مرداک، به شکلی است که طیفی از تجربه‌های آزمایشگاهی طراحی و کنترل شده را در اختیار دانشجو قرار دهد تا او بتواند بصورت عملی دست بکار شده و مطالعات خود را به عمل و محصول تبدیل کند.

در این راستا من در این کتاب به عنوان مدیر برنامه علوم نانو در دانشگاه مرداک تمرین‌ها را به شیوه‌ای توسعه و ارائه داده‌ام که در طول دوره مورد استفاده قرار گیرد. ضمناً جامعه هدف این کتاب دانشجویان کارشناسی هشتند اما می‌توان از ان بعنوان مقدمه برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی نیز استفاده کرد.

مهارت‌های پایه‌ای آزمایشگاهی و توانایی در کنترل شرایط آزمایش‌ها بدرستی و بدون خطر، پیش نیازهایی هستند که دانشجو برای شروع به انجام تمرینات کاربردی این کتابچه راهنما یه آن‌ها نیاز خواهد داشت.

اگرچه تمرینهای آزمایشگاهی در ابتدا برای دانشجویان فیزیک طراحی شده و توسعه یافتند اما دانشجویان شیمی، زیست‌شناسی و مهندسی نیز این دوره از تمرین‌ها را با موفقیت به اتمام رساندند و به صنعت و دانشگاه پیوستند. از این رو این کتابچه راهنما کاربردهای وسیعی برای دانشجویان و نظام‌های کاربردی مختلف خواهد داشت.

کتاب پیش رو در شش فصل تقسیم‌بندی و ارائه شده است:

در فصل اول دانشجو با دنیای نانومتر و برخی از مثال‌های شگفت‌انگیز در طبیعت که در ابعاد نانومتر وجود دارند آشنا می‌شود.

فصل دوم تعدادی از مواد در ابعاد نانو و روش‌های ساخت آنها را بیان می‌کند.

فصل سوم به معرفی بعضی از تکنیک‌های پیشرفته آنالیز ساختاری مواد که در بررسی نانو مواد و نانو ساختارها کاربرد دارند می‌پردازد.

فصل چهارم در دو بخش ارائه شده است: در بخش نخست که در مورد ایمنی در آزمایشگاه و خطرات بالقوه‌ای که هنگام کار در آزمایشگاه وجود دارند بحث خواهد کرد و بخش دوم که از اهمیت بالایی برخوردار است و آن نحوه آماده‌سازی یک گزارش علمی صحیح و کامل برای ثبت نتایج آزمایش‌های که انجام شده است خواهد بود.

فصل پنجم تمرینات آزمایشگاهی مختلف را ارائه می‌دهد و در نهایت فصل ششم یک سری پروژه‌های عملی را شامل می‌شود که دانشجو می‌تواند آنها را به تنهایی و تحت نظارت یک مربی یا سرپرست انجام دهد.

Dr. Gérrard Eddy Jai Poinern
مدیر بنیاد
گروه پژوهشی فناوری نانو کاربردی مرداک
استاد ارشد فیزیک و فناوری نانو
دانشکده مهندسی و فناوری اطلاعات
دانشگاه مرداک
پرث-استرالیا

درباره نویسنده

دکتر جرارد ادی جای پوینرن دارای مدرک دکترای فیزیک از دانشگاه مرداک و فارغ اتحصیل رشته‌های فیزیک و شیمی از همین دانشگاه می‌باشد. درحال حاضر ایشان مدیر گروه تحقیقاتی نانو فناوری‌های کاربردی وصاحب کرسی فیزیک و نانوفناوری دانشگاه مرداک هستند. دکتر پوینرن طراح و مجری دوره‌های کارشناسی در علوم نانو برای اولین بار در سطح دانشگاه مرداک بوده‌اند. او مبدع و پیشرو در استفاده از مواد غیر آلی در طراحی یک نانو غشاء بعنوان زمینه‌ای برای مهندسی بافت پوست بودند که منجر به تأسیس یک شرکت فناوری به نام سلومینا شده است.

ترازبندی مورد علاقه ایشان شامل کاربردهای بر پایه فناوری نانو در زمینه‌های تصفیه محیطی، امنیت غذایی، تقلید زیستی، کاربردهای نور گرمایی و انرژی خورشیدی و ساختارهای برپایه کربن هستند. از دیگر حوزه‌های مورد علاقه ایشان می‌توان به دارورسانی در درمان‌هایی نظیر درمان عصبی و سکته‌های مغزی و سوختگی‌های پوستی اشاره کرد. دکتر پوینرن جایزه نوآوری در سلامت را در مسابقه بزرگ جهانی بنیاد بیل و ملیندا بخاطر کارهایش در زمینه توسعه مواد زیست ساختار و متعاقبان کابرد آن‌ها در ساخت دستگاه‌ها و ابزارهای زیست پزشکی در سال ۲۰۱۰ به خود اختصاص داده است.

فصل اول
جهان نانو

۱ – ۱ مقدمه

تحقیق و توسعه در نانوتکنولوژی به سرعت در حال رشد است و بسیاری از صنایع و حکومت‌ها در سراسر جهان، میلیاردها دلار برای حل دلایل رفتار متفاوت یک ماده در مقیاس نانو در مقابل مقیاس بزرگ آن و سرمایه‌گذاری روی این ویژگی منحصربفرد برای بهبود بشیریت، خرج می‌کنند. برای مثال، آمریکا با درک اهمیت این علم جدید، حتی یک موسسه مالی فدرال مختص فعالیت‌های پژوهشی در زمینه نانوتکنولوژی و علم نانو، ایجاد کرد. امروزه چالش‌های جهانی بسیاری در جهان وجود دارد. آن‌ها در حال یافتن منابع انرژی تجدیدپذیر پایدار، کاهش آلودگی، تهیه آب آشامیدنی غیر آلوده، کاهش استفاده آفت کش‌ها و علف کش‌ها و بهبود فرآورده‌های کشاورزی برای تغذیه جمعیت در حال رشد و پیش‌بینی تغییرات آب و هوایی در نتیجه گرمای جهانی هستند. نانوتکنولوژی و علم نانو توانایی ارائه راه حل‌های بسیاری برای این چالش‌های جهانی (ولی نه همه آنها) را دارد.

در سراسر جهان، بسیاری از دانشگاه‌ها به این چالش‌ها پی بردند و دوره‌های نانوتکنولوژی و علم نانو را در سطوح لیسانس و فوق لیسانس ایجاد کردند. با این ذهنیت، دستورالعمل‌ها برای ارائه کامل تست‌های آزمایشگاهی طراحی شده بر اساس نانوتکنولوژی ایجاد شد تا به معرفی، جذب و مشارکت، و الهام بخشیدن دانشجویان مهندسی و علوم از رشته‌های متفاوت بپردازد. این دستورالعمل‌ها دانشجویان را برای اجرای ساده، صحیح و جالب آزمایش‌ها در یک محیط آزمایشگاهی کمک می‌کند. لازم به ذکر است که ابتدا تمرکز اصلی این دستورالعمل‌ها بدست‌آوردن تکنیک‌های آزمایشگاهی و توسعه مهارت‌های دستی در محیط آزمایشگاه برای دانشجویان است. تست‌های آزمایشگاهی در فصل ۵، در مورد سنتز نانوذرات و نانوساختارها توسط طیف وسیعی از روش‌های شیمیایی و سپس استفاده از تکنیک‌های مختلف توصیف پیشرفته (که در فصل ۳ عنوان شده) برای آنالیز محصولات توسط دانشجویان در مقیاس نانومتر، ارائه گردیده است.

علاوه بر این، دستورالعمل‌ها از قالب آزمایشگاهی شیمیایی سنتی استفاده نمی‌کند که اندازه‌گیری‌های وزنی از قبل و حین تست آزمایشگاهی ساخته شده باشند. اکثر مواد شیمیایی و معرف‌ها از قبل در رده آزمایشگاهی آماده شده هستند و آماده استفاده‌اند؛ بطوری که می‌توان زمان بیشتری برای انجام آزمایشات و درک فرایندشان و آنالیزهای بعدی اختصاص داد. بواسطه تجربه من، دانشجویان به رویکرد دستی آزمایش‌ها و به استفاده از تکنیک‌های توصیف پیشرفته برای آنالیز نمونه‌های سنتز کرده خود، پاسخ مثبت داده‌اند. کار آزمایشگاهی نیز خود باعث درک نظریه در کنار پوشش کامل مفاهیم دروس نظری دارد. دستورالعمل‌های بعدی، برخی از جنبه‌های نظری نانومواد و نحوه سنتز آنها (فصل ۲) و همچنین اصول اساسی تکنیک‌های توصیف نانو (فصل ۳) که امروزه استفاده می‌شود را بیان می‌دارد. برای بحث دقیق جنبه‌های نظری نانوتکنولوژی و علوم نانو، جدول ۱-۱ می‌تواند دانشجویان را به برخی از کتاب‌های درسی نانوتکنولوژی و علوم نانو و برخی مرورهای مناسب راهنمایی کند. دانشجویانی که این تست‌های آزمایشگاهی را کامل انجام داده باشند معمولاً برای کشف سایر پروژه‌های وابسته به نانوتکنولوژی در زمینه‌های دیگر، موفق هستند. برای تقویت دانشجوی مشتاق، فصل ۶ شامل یک سری پروژه پرخطر و هیجان‌انگیز است که از کار آزمایشگاهی خود در فصل ۵ انجام شده است، ساخته می‌شوند.

۱ – ۲ نانوتکنولوژی

امروزه اصطلاح نانو به بسیاری از زمینه‌های جهان علمی و غیر علمی وابسته است. اولین شخصی که به بحث و شناخت دنیای نانومتر پرداخت، فیزیک دانی بنام ریچارد فاینمن بود. در سخنرانی معروف سال ۱۹۵۹ "فضای زیادی در سطح پائین وجود دارد" او پیش‌بینی کرد که یک روز ممکن است ساختارهای اتم توسط اتم گردهم آیند یا بتوان تمام لغت نامه بریتانیا را بر روی یک سر سوزن نوشت. با این حال، نوریو تانیگوچی، از دانشگاه توکیو معنای اصلی نانوتکنولوژی را در سال ۱۹۷۴ بیان نمود. او نانو را به عنوان فرایند جدا، تثبیت و تغیر شکل مواد توسط اتم یا یک ملکول توصیف کرد. در حال حاضر نانوتکنولوژی می‌تواند بطور وسیع به عنوان اصطلاح، کاربرد، دانش و گسترش نانومواد، نانوابزار، نانوماشین و نانوسیستم‌ها به منظور حل یک مشکل یا انجام کاری خاص تعریف شود. اگرچه گاهی اوقات مواد زیرمیکرون برخی خصوصیات غیرمعمول و عجیب را به نمایش گذاشتند، با ظهور میکروسکوپ پروب روبشی، جهان مقیاس نانومتر به خوبی کشف شد. در این روزگار جدید، ماده در مقیاس نانومتر (۱-۱۰۰ نانومتر که یک نانومتر معادل 10^{-9} است) خواص متفاوت و قابل توجهی برای همان مواد در مقیاس ماکروسکوپیک پیدا شد.

۱-۳ علوم نانو

زمینه بین رشته‌ای نانو می‌تواند مرز جدیدی از علوم باشد که مواد را با خواص و رفتار منحصر بفردی که تنها در مقیاس نانومتری یافت می‌شود مورد ارزیابی قرار دهد. برای قرار دادن مقیاس نانومتری ازین منظر، یک اتم تقریباً ۰/۲ نانومتر و یک گلبول قرمز تقریباً ۷۵۰۰ نانومتر است. جدول ۱-۲ مجموعه‌ای از مواد طبیعی و مصنوعی با مقادیر مقیاسی‌شان ارائه کرده است تا یک چشم انداز کلی از مقیاس نانو در مقایسه با دنیای ماکروسکپیک بدهد. بنابراین، مانند هر مرز جدید، محدوده قابل توجهی برای بررسی خواص مواد در مقیاس نانو (یا نانومواد‌ها) و مکانیسم‌های حاکم بر واکنش و رفتارشان با ماده وجود دارد. به عنوان مثال، ما می‌توانیم به راحتی و با استفاده از قانون اهم، جریان الکترون‌ها را در سیم‌های فلزی بزرگ طلا اندازه‌گیری کنیم، اما قوانین دقیقی که جریان الکتریکی را در سیم‌های نانومتری (یا نانوسیم‌ها) اندازه‌گیری کند، نیاز به تحقیق بیشتری داشته تا بطور کامل نتایج آزمایشگاهی که تاکنون بدست آمده را توضیح دهد. بنابراین علوم نانو می‌تواند برای مطالعه مواد، دستگاه‌ها، ساختارها و ویژگی‌هایی در مقیاس نانو در نظر گرفته شود و دارای پتانسیل و فرصت‌هایی برای ارئه بسیاری از کشفیات جدید در این زمینه در حال توسعه است.

جدول ۱-۲: مقایسه سایز مواد طبیعی و مصنوعی و برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شان

نمونه		نماد – پیشوند	مقدار
مصنوعی	طبیعی		
–	شعاع زمین= ۶/۶۳۶ Mm	Mega – M	10^{6}
فاصله پل گلدن گیت (فاصله بین برج‌ها)= ۱/۲۸۰ km	ارتفاع قله اورست= ۸/۸۴۸ km	Kilo – k	10^{3}
ارتفاع هرم بزرگ جیزه= ۱۳۸/۸ m	سرعت صوت در ۱ ثانیه= ۳۴۳ m	Hector – h	10^{2}
ارتفاع برج پیزا= ۵۵ m	ارتفاع آبشار نیاگارا= ۵۴ m	Deca – da	10
کمترین طول توپ گلف= ۴/۳ cm	طول یک پشه بزرگ= ۱/۵ cm	Centi – c	10^{-2}
طول سر سنجاق= ۱-۲ mm	طول متوسط مورچه قرمز= ۵ mm	Milli – m	10^{-3}
عرض وسیله میکروالکترومکانیکال (MEMS)= ۱۰-۱۰۰ µm	سایز گلبول قرمز= ۷-۸ µm	Micro – µ	10^{-6}
طول کربن باکی بال= ۱ nm	طول DNA= ۲/۵ nm	Nano – n	10^{-9}
–	طول پیوند کربن-کربن= ۱۵۴ pm	Pico – p	10^{-12}

۱–۴ راه‌های بیولوژیکی طبیعی

هنوز هم بحث‌های زیادی در مورد تلاش گروه‌های مختلف علمی و صنایع در کشف، تولید و ساخت نانومواد مصنوعی برای بهبود زندگی انسان وجود دارد. با این حال باید اشاره کرد که طبیعت، نانومواد و ساختارهای نانومتری متنوعی را برای میلیون‌ها سال ایجاد کرده است. به عنوان مثال، طبیعت ماده ژنتیکی دئوکسی ریبونوکلئیک که ۲/۵ nm عرض داشته و چندین میکرومتر طول دارد را ساخته است. علاوه بر این، شکوه رنگ‌های آبی و سبز رنگین کمانی پرهای طاووس، نتیجه نوردهی روزانه ساختارهای نانومقیاس کشف شده در پرهای این پرنده است. در هر دو نمونه، طبیعت قادر به ساخت یک ساختار نانومتری فوق العاده است تا عملکرد قابل توجهی بدست‌آورد. توانایی طبیعت برای ساخت در مقیاس نانومتر، بسیاری از محققان را برای بررسی فرایندهای زیستی مختلف موجود در گیاهان و حیوانات به منظور امتناع از مکانیسم‌های تشکیل و اجتماع خود به خودی از نانومواد، جذب کرده است. بسیاری از دانشمندان و مهندسین بر این باورند که تقلید زیستی از پروسه‌های بیولوژیکی طبیعت، به اکتشافات جدید برای سنتز نانومواد و نانوساختارها منجر خواهد شد که می‌تواند به نفع بشریت مورد بهره برداری قرار گیرند. بخش‌های زیر برخی از نمونه‌های شگفت‌انگیز توانایی طبیعت برای ساخت مقیاس نانومتری سیستم‌های زیستی مختلف و کابردهای بالقوه در تعدادی از زمینه‌های زیست پزشکی، همچون تحویل دارو و وسیله‌های پزشکی را توضیح می‌دهد.

۱–۵ مثال‌هایی از نانو مواد و نانوساختارها در طبیعت

علی رغم تلاشهای بسیار زیادی در علوم مهندسی، فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی برای ساخت و توسعه مواد مختلف در مقیاس نانو انجام گرفته است، اما تین تلاشها از نظر تنوع و کارایی در موقعیتی بسیار پایینتر از ساخته‌های دست طبیعت قرار می‌گیرند. نخستین واحدهای سازنده مواد در طبیعت اتم‌ها و مولکول‌ها هستند. طبیعت قادر است تا این واحدها را بارها و بارها برای ساخت ترکیبات، ساختارها و مکانیزمهای مختلفی که برای بقاء حیات در زمین لازم است بازآرایی کند. دانشمندان طبیعت را قرن‌ها مورد مطالعه قرارا داده‌اند، اما تنها در دهه‌های اخیر بوده است که به علت پیشرفت‌های بدست آمده درساخت و توسعه دستگاهای آنالیز ساختاری نظیر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ تونل زنی روبشی (STM) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، بشر توانایی این را پیدا کرده است که طبیعت را در ابعاد نانو متری مورد مطالعه قرار دهد. این ابزارهای پیشرفته که در فصل سوم به تفصیل در مورد کابرد و روش کار با آنها صحبت خواهیم کرد، مطالعه بعضی از دستاوردهای شگفت‌انگیز طبیعت را ممکن ساختند. در ادامه سه مورد از مواد و ساختارهای خارق العاده ای را که طبیعت قادر به مهندسی آنها برای افزایش شانس بقا در ابعاد نانو تا میکرومتری است را معرفی خواهیم کرد. شایان ذکر است که از دیدگاه علوم و فناوری‌های نانو امکان تقلید از این روش‌ها برای ساخت دستگاه‌ها و سامانه‌هایی با کابردهای مفید برای بشروجود دارد.