

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه موهج تالق

انتشارات  
۸۸۷

## شیمی و فیزیک نانوساختارها

دکتر الهه گوهرشادی

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر حلیمه السادات سجادی زاده

دکتر مهدی کریمی نظرآباد

دکتر سارا سمیعی

**عنوان و نام پدیدآور:** شیمی و فیزیک نانوساختارها/ پدیدآورندگان الهه گوهرشادی... [و دیگران]؛ ویراستار علمی غلامحسین ظهوری؛ ویراستار ادبی هانیه اسدیپور فعال مشهد.  
مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۲.  
۳۹۲ ص: مصور، نمودار.  
انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۸۷.

**مشخصات نشر:**

**مشخصات ظاهری:**

**فروست:**

**شابک:**

**وضعیت فهرست‌نویسی:** فیپا.  
**یادداشت:** پدیدآورندگان الهه گوهرشادی، حلیمه السادات سجادی‌زاده، مهدی کریمی‌نظرآباد، سارا سمیعی.  
**یادداشت:** واژه‌نامه. کتابنامه. نمایه.  
**موضوع:** مواد نانوساختار  
نانوتکنولوژی  
نانوذرات

**شناسه افزوده:** گوهرشادی، الهه، ۱۳۴۲ -  
**شناسه افزوده:** ظهوری، غلامحسین، ۱۳۳۷-، ویراستار  
**شناسه افزوده:** دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.  
**رده‌بندی کنگره:** TA۴۱۸/۹  
**رده‌بندی دیویی:** ۶۲۰/۵  
**شماره کتابشناسی ملی:** ۹۱۷۸۴۰۱

ISBN: 978-964-386-581-8

Nanostructured materials  
Nanotechnology  
Nanoparticles

## شیمی و فیزیک نانوساختارها

**پدیدآورندگان:** دکتر الهه گوهرشادی؛ دکتر حلیمه السادات سجادی‌زاده  
**ویراستار علمی:** دکتر مهدی کریمی‌نظرآباد؛ دکتر سارا سمیعی  
**ویراستار ادبی:** دکتر غلامحسین ظهوری  
**مشخصات:** هانیه اسدیپور فعال مشهد  
**وزیری، ۱۵۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۴۰۲**  
**چاپ و صحافی:** چاپخانه دقت  
**بها:** ۲,۷۰۰/۰۰۰ ریال  
**حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.**



انتشارات  
۸۸۷

### مراکز پخش:

**فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس:** مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس  
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۷۷ (۰۵۱)

**مؤسسه کتابیران:** تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست  
گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)

**مؤسسه دانشوران:** تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲  
تلفنکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: [press@um.ac.ir](mailto:press@um.ac.ir)

## فهرست مطالب

|    |   |
|----|---|
| ۱۱ | فهرست اختصارات کتاب                             |
| ۱۴ | پیشگفتار  |
| ۱۵ | <b>فصل ۱. اصول</b>                              |
| ۱۵ | ۱-۱ مقیاس نانو                                  |
| ۱۵ | ۲-۱ اهمیت مقیاس نانو                            |
| ۱۶ | ۱-۲-۱ ویژگی های فیزیکی مواد در مقیاس نانو       |
| ۱۸ | ۲-۲-۱ ویژگی های شیمیایی در مقیاس نانو           |
| ۱۸ | ۳-۱ تعریف علم نانو و فناوری نانو                |
| ۱۸ | ۴-۱ تعریف نانومواد                              |
| ۱۹ | ۵-۱ تاریخچه مختصری از فناوری نانو               |
| ۱۹ | ۱-۵-۱ جهان                                      |
| ۲۰ | ۲-۵-۱ ایران                                     |
| ۲۶ | ۶-۱ برخی اصطلاحات رایج در فناوری نانو           |
| ۲۷ | ۱-۶-۱ محدودیت کوانتومی                          |
| ۲۷ | ۲-۶-۱ خودمونتاژ مولکولی                         |
| ۲۷ | ۳-۶-۱ نانو ساختار                               |
| ۲۷ | ۴-۶-۱ نانوبلور                                  |
| ۲۸ | ۵-۶-۱ نانوسیم                                   |
| ۳۰ | ۶-۶-۱ نقاط کوانتومی                             |
| ۳۱ | ۷-۱ خواص منحصر به فرد مواد در مقیاس نانو        |
| ۳۱ | ۱-۷-۱ خواص سطحی                                 |
| ۳۱ | ۲-۷-۱ شکل                                       |
| ۳۲ | ۸-۱ تهیه نانومواد                               |
| ۳۲ | ۹-۱ انرژی سطحی نانوذرات                         |
| ۳۳ | ۱۰-۱ کاهش انرژی سطحی با استفاده از سورفکتانت ها |
| ۳۶ | ۱-۱۰-۱ غلظت بحرانی میسل و عوامل مؤثر بر آن      |
| ۳۷ | ۲-۱۰-۱ روش تعیین CMC                            |

|    |   |
|----|---|
| ۳۷ | ۳-۱۰-۱ مکانیسم پایداری نانوذرات توسط سورفکتانت‌ها |
| ۳۹ | ۱۱-۱ نانوکلوئیدها                                 |
| ۴۰ | ۱-۱۱-۱ انواع برهم‌کنش‌ها در نانوکلوئیدها          |
| ۴۱ | ۲-۱۱-۱ نظریه DLVO و پایداری کلوئیدها              |
| ۴۳ | ۳-۱۱-۱ پایداری الکتروستاتیکی                      |
| ۴۵ | ۱-۳-۱۱-۱ استفاده از پلاسما                        |
| ۴۵ | ۲-۳-۱۱-۱ اکسایش شیمیایی                           |
| ۴۶ | ۳-۳-۱۱-۱ استفاده از ترکیبات آلی                   |
| ۴۹ | ۴-۱۱-۱ پایداری فضایی                              |
| ۵۱ | ۵-۱۱-۱ پایداری الکتروستاتیکی - فضایی              |
| ۵۱ | ۱۲-۱ روش‌های بررسی پایداری کلوئیدهای نانوذرات     |
| ۵۱ | ۱-۱۲-۱ پتانسیل زتا                                |
| ۵۵ | ۲-۱۲-۱ پخش نور چندگانه جفت‌شده با روش عمودی       |
| ۵۵ | ۳-۱۲-۱ طیف‌سنجی فرابنفش - مرئی                    |
| ۵۷ | تمرین‌ها  |
| ۵۸ | منابع   |

|    |   |
|----|---|
| ۶۱ | <b>فصل ۲. روش‌های تهیه نانومواد</b>               |
| ۶۱ | ۱-۲ مقدمه   |
| ۶۱ | ۲-۲ روش آسیاب‌کاری یا آلیاژ مکانیکی               |
| ۶۲ | ۱-۲-۲ انواع آسیاب‌کننده                           |
| ۶۳ | ۲-۲-۲ مقدار و اندازه آسیاب‌کننده                  |
| ۶۳ | ۳-۲-۲ انواع روش‌های آسیاب‌کاری                    |
| ۶۳ | ۴-۲-۲ تهیه نانومواد با روش آسیاب‌کاری             |
| ۶۵ | ۵-۲-۲ محدودیت‌های روش آسیاب‌کاری در تهیه نانومواد |
| ۶۵ | ۳-۲ میکروویو                                      |
| ۶۶ | ۱-۳-۲ مزایای روش میکروویو                         |
| ۶۸ | ۲-۳-۲ شیمی میکروویو                               |
| ۷۱ | ۳-۳-۲ رابطه میان توان امواج میکروویو و دما        |
| ۷۱ | ۴-۳-۲ انواع آون‌های میکروویو                      |
| ۷۲ | ۵-۳-۲ کاربرد میکروویو در تهیه نانومواد            |
| ۷۵ | ۴-۲ سونوشیمی                                      |

|          |   |
|----------|---|
| ۷۸.....  | ۲-۴-۱ عوامل تأثیرگذار بر حفره‌زایی.....                               |
| ۷۸.....  | ۲-۴-۱-۱ فرکانس امواج فراصوت.....                                      |
| ۷۹.....  | ۲-۴-۱-۲ شدت امواج فراصوت.....   |
| ۸۰.....  | ۲-۴-۱-۳ حلال.....   |
| ۸۰.....  | ۲-۴-۱-۴ حضور گاز محلول.....   |
| ۸۱.....  | ۲-۴-۱-۵ فشار خارجی.....   |
| ۸۱.....  | ۲-۴-۱-۶ دما.....  |
| ۸۲.....  | ۲-۴-۲ دستگاه‌های متداول فراصوت.....                                   |
| ۸۳.....  | ۲-۴-۳ مناطق واکنش در سونوشیمی.....                                    |
| ۸۴.....  | ۲-۴-۴ مزایا و معایب.....  |
| ۸۵.....  | ۲-۴-۵ نانو فناوری و سونوشیمی.....                                     |
| ۸۵.....  | ۲-۴-۵-۱ سنتز سونوشیمیایی نانو مواد.....                               |
| ۸۶.....  | ۲-۴-۵-۲ تخریب سونو کاتالیزوری آلاینده‌ها.....                         |
| ۸۷.....  | ۲-۴-۵-۳ پراکنده کردن نانو مواد در یک سیال مورد نظر.....               |
| ۸۷.....  | ۲-۵ سل-ژل.....  |
| ۸۸.....  | ۲-۵-۱ فرایند سل-ژل.....   |
| ۹۰.....  | ۲-۵-۲ فرایندهای خشک کردن ژل.....                                      |
| ۹۰.....  | ۲-۵-۲-۱ شرایط فوق بحرانی.....   |
| ۹۱.....  | ۲-۵-۲-۲ تبخیر گرمایی.....   |
| ۹۱.....  | ۲-۵-۲-۳ خشک کردن انجمادی.....   |
| ۹۱.....  | ۲-۵-۳ مزایای روش سل-ژل.....   |
| ۹۲.....  | ۲-۵-۴ استفاده از روش سل-ژل در فناوری نانو.....                        |
| ۹۴.....  | ۲-۶ میکروامولسیون.....  |
| ۹۵.....  | ۲-۶-۱ انواع میکروامولسیون.....  |
| ۹۷.....  | ۲-۶-۱-۱ مکانیسم تشکیل ذرات در روش میکروامولسیون.....                  |
| ۹۸.....  | ۲-۶-۱-۲ عوامل تأثیرگذار بر اندازه نانو ذرات در روش میکروامولسیون..... |
| ۱۰۱..... | ۲-۶-۱-۳ مزایای روش میکروامولسیون.....                                 |
| ۱۰۱..... | ۲-۶-۲ استفاده از میکروامولسیون در فناوری نانو.....                    |
| ۱۰۳..... | ۲-۷ سولوترمال/هیدروترمال.....   |
| ۱۰۸..... | تمرین‌ها.....   |
| ۱۰۹..... | منابع.....  |

|     |  |
|-----|--|
| ۱۱۳ | فصل ۳. مشخصه یابی.....                           |
| ۱۱۳ | ۱-۳ مقدمه.....                                   |
| ۱۱۴ | ۲-۳ روش های میکروسکوپی.....                      |
| ۱۱۴ | ۱-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی.....              |
| ۱۱۴ | ۱-۱-۲-۳ اصول.....                                |
| ۱۱۷ | ۲-۱-۲-۳ دستگاهوری.....                           |
| ۱۲۱ | ۳-۱-۲-۳ تهیه نمونه.....                          |
| ۱۲۲ | ۴-۱-۲-۳ اطلاعات.....                             |
| ۱۲۲ | ۵-۱-۲-۳ مزایا.....                               |
| ۱۲۳ | ۶-۱-۲-۳ قدرت تفکیک فضایی.....                    |
| ۱۲۴ | ۷-۱-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی.....      |
| ۱۲۴ | ۸-۱-۲-۳ استفاده در فناوری نانو.....              |
| ۱۳۲ | ۲-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری.....              |
| ۱۳۳ | ۱-۲-۲-۳ اصول.....                                |
| ۱۳۳ | ۲-۲-۲-۳ دستگاهوری.....                           |
| ۱۳۴ | ۳-۲-۲-۳ تهیه نمونه.....                          |
| ۱۳۵ | ۴-۲-۲-۳ اطلاعات.....                             |
| ۱۳۵ | ۵-۲-۲-۳ مزایا و معایب.....                       |
| ۱۳۶ | ۶-۲-۲-۳ قدرت تفکیک.....                          |
| ۱۳۶ | ۷-۲-۲-۳ استفاده در فناوری نانو.....              |
| ۱۳۹ | ۳-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی با قدرت تفکیک بالا..... |
| ۱۴۲ | ۱-۳-۲-۳ پراش الکترونی.....                       |
| ۱۴۷ | ۲-۳-۲-۳ استفاده در فناوری نانو.....              |
| ۱۵۰ | ۴-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری روبشی.....        |
| ۱۵۰ | ۱-۴-۲-۳ اصول.....                                |
| ۱۵۱ | ۲-۴-۲-۳ دستگاهوری.....                           |
| ۱۵۴ | ۳-۴-۲-۳ طیف سنجی کاهش انرژی الکترون در STEM..... |
| ۱۵۵ | ۴-۴-۲-۳ طیف سنجی پراکندگی پرتو ایکس.....         |
| ۱۵۵ | ۵-۲-۳ استفاده در فناوری نانو.....                |
| ۱۵۷ | ۶-۲-۳ میکروسکوپ روبشی تونل زنی.....              |
| ۱۵۷ | ۱-۶-۲-۳ اصول.....                                |
| ۱۵۹ | ۲-۶-۲-۳ دستگاهوری.....                           |
| ۱۶۸ | ۷-۲-۳ میکروسکوپ نیروی اتمی.....                  |

فهرست مطالب ۷

|          |   |
|----------|---|
| ۱۶۹..... | ۳-۲-۷-۱ اصول.....                                   |
| ۱۷۰..... | ۳-۲-۷-۲ دستگاہوری.....                              |
| ۱۷۰..... | ۳-۲-۷-۳ شیوه‌های کلی تصویرگیری.....                 |
| ۱۷۲..... | ۳-۲-۷-۴ مزایا.....                                  |
| ۱۷۳..... | ۳-۲-۷-۵ استفاده در فناوری نانو.....                 |
| ۱۷۶..... | ۳-۲-۷-۶ مقایسه AFM با سایر روش‌های تصویربرداری..... |
| ۱۷۸..... | ۳-۳-۱ پراش پرتو ایکس.....                           |
| ۱۷۹..... | ۳-۳-۱ اصول.....                                     |
| ۱۷۹..... | ۳-۳-۲ روش‌های پراش پرتو ایکس.....                   |
| ۱۷۹..... | ۳-۳-۲-۱ پراش پرتو ایکس تک‌بلور.....                 |
| ۱۸۰..... | ۳-۳-۲-۲ پراش پرتو ایکس پودر.....                    |
| ۱۸۰..... | ۳-۳-۲-۳ پراش سنج پرتو ایکس.....                     |
| ۱۸۲..... | ۳-۳-۲-۴ مزایا و معایب.....                          |
| ۱۸۳..... | ۳-۳-۳ بلورشناسی.....                                |
| ۱۸۴..... | ۳-۳-۳-۱ شاخص‌های میلر.....                          |
| ۱۸۶..... | ۳-۳-۳-۲ موقعیت پیک.....                             |
| ۱۸۸..... | ۳-۳-۳-۳ اندازه بلورک.....                           |
| ۱۹۱..... | ۳-۳-۳-۴ شدت پیک.....                                |
| ۱۹۱..... | ۳-۳-۳-۵ استفاده در فناوری نانو.....                 |
| ۱۹۴..... | ۳-۴-۱ فلورسانس پرتو ایکس.....                       |
| ۱۹۵..... | ۳-۴-۱ اصول.....                                     |
| ۱۹۵..... | ۳-۴-۲ دستگاہوری.....                                |
| ۱۹۷..... | ۳-۴-۳ کاربردها.....                                 |
| ۱۹۸..... | ۳-۴-۴ تهیه نمونه.....                               |
| ۱۹۸..... | ۳-۴-۵ حد تشخیص.....                                 |
| ۱۹۸..... | ۳-۴-۶ مزایا و معایب.....                            |
| ۱۹۹..... | ۳-۴-۷ استفاده در فناوری نانو.....                   |
| ۱۹۹..... | ۳-۵-۱ طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس.....           |
| ۲۰۰..... | ۳-۵-۱ اصول.....                                     |
| ۲۰۰..... | ۳-۵-۲ دستگاہوری.....                                |
| ۲۰۱..... | ۳-۵-۳ کاربردها.....                                 |
| ۲۰۱..... | ۳-۵-۴ طیف XPS.....                                  |

|          |   |
|----------|---|
| ۲۰۲..... | ۳-۵-۵ معایب.....                                  |
| ۲۰۳..... | ۳-۵-۶ استفاده در فناوری نانو.....                 |
| ۲۰۵..... | ۳-۶ تعیین توزیع اندازه ذرات.....                  |
| ۲۰۶..... | ۳-۶-۱ پخش دینامیکی نور لیزر.....                  |
| ۲۰۶..... | ۳-۶-۲ دستگاهوری.....                              |
| ۲۰۶..... | ۳-۶-۳ مزایا.....                                  |
| ۲۰۶..... | ۳-۶-۴ معایب.....                                  |
| ۲۰۷..... | ۳-۶-۵ روش های نمایش PSD.....                      |
| ۲۰۸..... | ۳-۶-۶ استفاده در فناوری نانو.....                 |
| ۲۰۸..... | ۳-۷ مساحت سطح.....                                |
| ۲۱۱..... | ۳-۷-۱ منافذ.....                                  |
| ۲۱۱..... | ۳-۷-۲ هم دماهای جذب سطحی با حلقه هیسترس.....      |
| ۲۱۵..... | ۳-۸ شکاف نوار.....                                |
| ۲۱۶..... | ۳-۸-۱ انواع شکاف نوار.....                        |
| ۲۱۷..... | ۳-۸-۲ تعیین شکاف نوار یک نیمه رسانا.....          |
| ۲۱۷..... | ۳-۸-۲-۱ طیف سنجی جذبی نوری فرابنفش - مرئی.....    |
| ۲۱۸..... | ۳-۸-۲-۲ طیف سنجی بازتابی پراکنده.....             |
| ۲۱۸..... | ۳-۸-۲-۳ طیف سنجی نشری فوتولومینسانس.....          |
| ۲۲۰..... | ۳-۸-۲-۴ شکاف نوار نیمه رساناها در مقیاس نانو..... |
| ۲۲۱..... | تمرین ها.....                                     |
| ۲۲۷..... | منابع.....  |
| ۲۳۱..... | <b>فصل ۴. کاربردهای فناوری نانو.....</b>          |
| ۲۳۱..... | ۴-۱ آب پاک.....                                   |
| ۲۳۲..... | ۴-۱-۱ حذف آلاینده های آب.....                     |
| ۲۴۴..... | ۴-۱-۲ نمک زدایی منابع آبی شور.....                |
| ۲۵۰..... | ۴-۲ انرژی.....                                    |
| ۲۵۱..... | ۴-۲-۱ تولید انرژی.....                            |
| ۲۵۱..... | ۴-۲-۱-۱ سلول های خورشیدی.....                     |
| ۲۵۶..... | ۴-۲-۱-۲ شکافت فوتو الکتروشیمیایی آب.....          |
| ۲۵۸..... | ۴-۲-۱-۳ تبخیر خورشیدی.....                        |
| ۲۶۱..... | ۴-۲-۱-۴ سلول های سوختی.....                       |



|          |                              |
|----------|------------------------------|
| ۲۶۵..... | ۲-۲-۴ ذخیره انرژی.....       |
| ۲۶۵..... | ۱-۲-۲-۴ باتری.....           |
| ۲۶۶..... | ۲-۲-۲-۴ خازن.....            |
| ۲۶۷..... | ۳-۴ پزشکی.....               |
| ۲۷۲..... | ۴-۴ سطوح هوشمند.....         |
| ۲۷۳..... | ۱-۴-۴ سطوح خودتمیزشونده..... |
| ۲۷۶..... | ۲-۴-۴ سطوح ضد خوردگی.....    |
| ۲۷۷..... | ۳-۴-۴ سطوح ضد میکروبی.....   |
| ۲۸۰..... | تمرین ها.....                |
| ۲۸۱..... | منابع.....                   |

**فصل ۵. سمیت نانو مواد.....**

|          |   |
|----------|---|
| ۲۹۱..... | ۱-۵ مقدمه.....  |
| ۲۹۱..... | ۲-۵ سم شناسی نانو مواد.....                               |
| ۲۹۳..... | ۳-۵ مکانیسم های ممکن سمیت نانو مواد.....                  |
| ۲۹۳..... | ۱-۳-۵ تنش اکسیداتیو.....                                  |
| ۲۹۴..... | ۲-۳-۵ اتصال نانو مواد به بیرون سلول.....                  |
| ۲۹۴..... | ۳-۳-۵ توقف چرخه سلولی.....                                |
| ۲۹۴..... | ۴-۵ مسیرهای ورود نانو مواد به بدن.....                    |
| ۲۹۵..... | ۵-۵ تأثیر محیط زیستی نانو مواد.....                       |
| ۲۹۶..... | ۶-۵ استراتژی های طراحی نانو مواد با حداقل اثرات مخرب..... |
| ۲۹۷..... | ۱-۶-۵ پوشش نانوذرات با مواد زیست سازگار.....              |
| ۲۹۷..... | ۲-۶-۵ تغییر مورفولوژی نانو مواد.....                      |
| ۲۹۷..... | ۷-۵ چالش های مربوط به سنجش سمیت نانو مواد.....            |
| ۲۹۸..... | تمرین ها.....   |
| ۲۹۹..... | منابع.....  |

**فصل ۶. نرم افزارهای کاربردی در حوزه نانو.....**

|          |   |
|----------|---|
| ۳۰۱..... | ۱-۶ مقدمه.....                                  |
| ۳۰۱..... | ۱-۶ تجزیه و تحلیل الگوی پراش پرتو ایکس.....     |
| ۳۰۲..... | ۱-۱-۶ نصب نرم افزار Xpert HighScore.....        |
| ۳۰۳..... | ۱-۱-۱-۶ به روز رسانی پایگاه داده نرم افزار..... |

|          |   |
|----------|---|
| ۳۰۴..... | ۲-۱-۶ آشنایی با محیط نرم افزار.....                                   |
| ۳۰۶..... | ۳-۱-۶ منوی View.....  |
| ۳۰۸..... | ۴-۱-۶ پنجره List pane.....  |
| ۳۰۸..... | ۵-۱-۶ مقایسه چندین داده.....  |
| ۳۱۰..... | ۶-۱-۶ سربرگ Treatments.....   |
| ۳۱۰..... | ۱-۶-۱ هموار کردن الگو.....  |
| ۳۱۲..... | ۲-۶-۱ تعیین پس زمینه.....   |
| ۳۱۴..... | ۳-۶-۱ جست و جوی پیک.....  |
| ۳۱۷..... | ۴-۶-۱ حذف پیک $k_{a2}$ .....  |
| ۳۱۷..... | ۷-۱-۶ شناسایی فاز.....  |
| ۳۱۹..... | ۱-۷-۱ فاز نمونه های نامشخص با استفاده از گزینه Search-Match.....      |
| ۳۲۶..... | ۲-۷-۱ انتخاب نامزد برای فاز نمونه ناشناس.....                         |
| ۳۲۸..... | ۸-۱-۶ محاسبات مربوط به XRD.....                                       |
| ۳۳۰..... | ۹-۱-۶ ارائه نتایج.....  |
| ۳۳۱..... | ۱۰-۱-۶ نوارهای ابزار.....   |
| ۳۳۴..... | ۲-۶ تجزیه و تحلیل تصاویر TEM و SEM.....                               |
| ۳۳۴..... | ۱-۲-۶ نرم افزار ImageJ.....   |
| ۳۳۴..... | ۱-۱-۲-۶ محیط نرم افزار ImageJ.....                                    |
| ۳۳۷..... | ۲-۱-۲-۶ وارد کردن تصویر به نرم افزار ImageJ.....                      |
| ۳۳۷..... | ۳-۱-۲-۶ جداول جست و جو.....   |
| ۳۳۷..... | ۴-۱-۲-۶ تجزیه و تحلیل توزیع اندازه نانوذرات با استفاده از ImageJ..... |
| ۳۴۳..... | ۲-۲-۶ نرم افزار تجزیه و تحلیل تصویر Mountains.....                    |
| ۳۴۶..... | ۳-۶ تجزیه و تحلیل پیک های XPS.....                                    |
| ۳۵۰..... | ۱-۳-۶ واهم گشت پیک های XPS.....                                       |
| ۳۵۰..... | ۱-۱-۳-۶ حذف پس زمینه (خط پایه) در Origin.....                         |
| ۳۵۲..... | ۲-۱-۳-۶ واهم گشت پیک در طیف XPS با Origin.....                        |
| ۳۵۴..... | منابع.....  |
| ۳۵۵..... | واژه نامه فارسی به انگلیسی.....                                       |
| ۳۶۵..... | واژه نامه انگلیسی به فارسی.....                                       |
| ۳۷۷..... | نمایه.....  |

## فهرست اختصارات کتاب

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| ADF  | میدان تاریک حلقوی                 |
| AES  | طیف‌سنجی الکترون اوزه             |
| AFC  | سلول سوختی قلبیایی                |
| AFM  | میکروسکوپ نیروی اتمی              |
| BA   | ۴- بنزوئیل بنزوئیک                |
| BCC  | مکعب مرکزدار                      |
| BD   | بنزوفنون تتراکربوکسیلیک‌دی‌هیدرید |
| BET  | نظریه BET                         |
| BF   | میدان روشن                        |
| BSE  | الکترون برگشتی                    |
| CA   | اسید کلروژنیک                     |
| CB   | نوار رسانش                        |
| CBED | پراش الکترونی پرتو همگرا          |
| CCD  | دستگاه بار جفت‌شده                |
| CMC  | غلظت بحرانی میسلی شدن             |
| CNCs | نانوبلورهای سلولز                 |
| CNF  | نانوالیاف کربن                    |
| CNT  | نانولوله کربنی                    |
| COD  | داده باز بلورنگاری                |
| CQDs | نقاط کوانتومی کربنی               |
| CTAB | ستیل‌متیل‌آمونیم‌برومید           |
| CVD  | رسوب شیمیایی در فاز بخار          |
| DAFC | سلول سوختی الکلی مستقیم           |
| DLS  | پخش دینامیکی نور لیزر             |
| DRS  | طیف‌سنجی بازتابی پراکنده          |
| DSSC | سلول‌های خورشیدی حساس‌شده به رنگ  |
| EDLC | خازن‌های لایه دوگانه الکتریکی     |
| EDS  | پرتو ایکس با انرژی پراکنده        |
| EDX  | پرتو ایکس با انرژی پراکنده        |
| EELS | طیف‌سنجی کاهش انرژی الکترون       |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| ESCA                            | طیف‌سنجی الکترونی برای آنالیز شیمیایی        |
| ESEM                            | میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی               |
| FCC                             | مکعب وجه مرکزدار                             |
| FE-TEM                          | میکروسکوپ الکترونی عبوری نشر میدانی          |
| FLGs                            | گرافن چندلایه                                |
| FWHM                            | پهنای پیک در نصف ارتفاع بیشینه               |
| g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | کربن نیتريد گرافیتی                          |
| GO                              | گرافن اکسید                                  |
| GPE                             | الکترولیت پلیمری ژل                          |
| GQDs                            | نقاط کوانتومی گرافنی                         |
| GtO                             | گرافیت اکسید                                 |
| HAADF                           | میدان تاریک حلقوی با زاویه بالا              |
| h-BN                            | نیتريد بور شش‌وجهی                           |
| HCSs                            | کره‌های کربن توخالی                          |
| HOPG                            | گرافیت پیرولیتیکی بسیار جهت یافته            |
| HRTEM                           | میکروسکوپ الکترونی با قدرت تفکیک بالا        |
| IB                              | عرض انتگرال                                  |
| ICCD                            | مرکز بین‌المللی داده‌های پراش                |
| ICP                             | پلاسمای جفت‌شده القایی                       |
| JCPDS                           | کمیته مشترک استانداردهای پراش پودر           |
| LD50                            | میانگین مقدار کشندگی                         |
| MCFC                            | سلول سوختی کربنات مذاب                       |
| MRI                             | تصویرسازی تشدید مغناطیسی                     |
| MWCNT                           | نانولوله کربنی چنددیواره                     |
| N- RGO                          | گرافن اکسید کاهش یافته آلییده شده با نیتروژن |
| NC                              | نانوسلولز                                    |
| OAP                             | ارتوآمینوفنول                                |
| ORR                             | واکنش کاهش اکسیژن                            |
| PAE                             | پلی آمید اپی کلروهیدرین                      |
| PAFC                            | سلول سوختی اسیدفسفریک                        |
| PCS                             | طیف‌سنجی هم‌بستگی فوتون                      |
| PDA                             | پلی دوپامین                                  |
| PDF                             | فایل پراش پودر                               |
| PEC                             | سلول فوتوالکتروشیمیایی                       |
| PEG                             | پلی (اتیلن گلیکول)                           |
| PEI                             | پلی اتیلن ایمین                              |

|           |                                      |
|-----------|--------------------------------------|
| PEMFC     | سلول سوختی غشای پلیمری               |
| PL        | فوتولومینسانس                        |
| PMo       | فسفومولیبدیک اسید                    |
| PMS       | پراکسی منوسولفات                     |
| POMS      | پلی اکسوفلزات                        |
| PSD       | توزیع اندازه ذرات                    |
| PU        | پلی اورتان                           |
| PVA       | پلی وینیل الکل                       |
| PVA-co-PE | پلی (وینیل الکل-کوپلی اتیلن)         |
| PVP       | پلی وینیل پیرولیدین                  |
| PZT       | سرب زیر کونات تیتانات                |
| QDs       | نقاط کوانتومی                        |
| RB5       | رنگ آزوی راکتیو بلک ۵                |
| RGO       | گرافن اکسید کاهش یافته               |
| RNMs      | غشاهای نانوالیاف                     |
| ROS       | گونه‌های اکسیژن فعال                 |
| SA        | استئاریک اسید                        |
| SAED      | الگوی پراش مساحت انتخاب شده          |
| SDS       | سدیم دودسیل سولفات                   |
| SE        | الکترون ثانویه                       |
| SEM       | میکروسکوپ الکترونی روبشی             |
| SERS      | طیف‌سنجی رامان تقویت شده سطحی        |
| SOFC      | سلول سوختی اکسید جامد                |
| SPE       | الکترولیت پلیمری جامد                |
| SPIP      | نرم‌افزار پردازش گر تصویر پروب روبشی |
| STEM      | میکروسکوپ الکترونی عبوری روبشی       |
| STM       | میکروسکوپ تونل زنی روبشی             |
| TEM       | میکروسکوپ الکترونی عبوری             |
| TEOS      | تترااتیل اورتوسیلیکات                |
| UPS       | طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش         |
| VB        | نوار ظرفیت                           |
| XPS       | طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس       |
| XRD       | پراش پرتو ایکس                       |
| XRF       | فلورسانس پرتو ایکس                   |

## پیشگفتار

تکامل تمدن بشری از توسعه مواد و دستگاه‌ها تفکیک ناپذیر است. درحقیقت، نوآوری در ساخت مواد نوین و دستگاه‌های پیشرفته با دقت بسیار بالا، طول عمر زیاد و امکانات گسترده، نیروی محرکه مهمی برای ظهور فناوری‌های نوین و پیشرفت‌های اقتصادی است. علم و فناوری نانو با فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی که در مقیاس نانومتری اتفاق می‌افتند، سروکار دارد. فناوری نانو، تولید و استفاده از مواد، دستگاه‌ها و سامانه‌ها با کنترل ماده در مقیاس نانومتری است. درک اصول فیزیکی و شیمیایی و مکانیسم‌های خودمونتاز مولکولی، پیشرفت‌های عظیمی در فناوری نانو ایجاد کرده که به‌نوبه خود باعث تولید نسل جدیدی از وسایل الکترونیکی، آشکارسازها، حسگرها و غیره شده است.

این کتاب برای دانشجویان کارشناسی و تحصیلات تکمیلی، اساتید، محققان و مهندسان بسیار سودمند است. کتاب شامل شش فصل است: فصل ۱ یک نگاه کلی به اصول، تاریخچه، اهمیت و خواص مواد در مقیاس نانو می‌پردازد. برخی از روش‌های مهم تهیه نانومواد در فصل ۲ توضیح داده می‌شوند. فصل ۳ به مشخصه‌یابی نانومواد به کمک انواع میکروسکوپ‌های الکترونی و غیرالکترونی و سایر روش‌ها برای تعیین اندازه، شکل، مورفولوژی و خواص فیزیکی، شیمیایی و الکترونی و غیره آن‌ها می‌پردازد. به کاربردهای فناوری نانو در حوزه‌های مختلف آب، انرژی، پزشکی و غیره در فصل ۴ اشاره شده است. در حال حاضر، با وجود پتانسیل تجاری عظیم فناوری نانو، این نوع فناوری به‌نوبه خود می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط زیست تلقی شود. روش‌های متداول آنالیز سم‌شناسی و پروتکل‌های اعمال‌شده برای سموم و آلاینده‌های مختلف برای نانومواد قابل استفاده نیستند؛ زیرا سمیت نانومواد به خواص زیادی نظیر شکل، اندازه، بلورینگی و غیره آن‌ها بستگی دارد. در این راستا، فصل ۵ به سم‌شناسی نانومواد می‌پردازد. از آنجایی که پردازش داده‌ها و اطلاعات حاصل از روش‌های مختلف مشخصه‌یابی نانومواد بسیار بااهمیت هستند، در فصل ۶ تلاش شده است که کار با برخی از نرم‌افزارهای کاربردی در حوزه نانو تشریح شود.

الهه گوهرشادی

بخش شیمی - دانشگاه فردوسی مشهد

پاییز ۱۴۰۱