

# **خواص مواد**

## **در گذر از مقیاس میکرو به نانو**

**جلد اول**

[www.ketab.ir](http://www.ketab.ir)

**گردآوری:**

محمد رضا لقمان استرکی - امیر الحاجی - رضا پورنجف

پاییز ۱۴۰۰

|                      |                                                                                           |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه:             | لقمان استرکی، محمدرضا، ۱۳۶۱ -                                                             |
| عنوان و نام پدیدآور: | خواص مواد در گذر از میکرو به نانو/ گردآوری محمدرضا لقمان استرکی، امیر الحاجی، رضا پورنجف. |
| مشخصات نشر:          | تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر. انتشارات. ۱۴۰۰                                            |
| مشخصات ظاهری:        | ۲ ج: مصور، جدول، نمودار.                                                                  |
| شابک:                | دوره: ۲-۳۸-۷۳۵۲-۶۲۲-۹۷۸ ج. ۱: ۹-۳۹-۷۳۵۲-۶۲۲-۹۷۸ ج. ۲: ۵-۴۰-۷۳۵۲-۶۲۲-۹۷۸                   |
| وضعیت فهرست نویسی:   | فیبا.                                                                                     |
| یادداشت:             | واژه نامه.                                                                                |
| یادداشت:             | کتابنامه.                                                                                 |
| یادداشت:             | جلد دوم گردآوری محمدرضا لقمان استرکی، سعید ذهبی، خشایار زمانی دارانی است.                 |
| موضوع:               | مواد نانوساختار.                                                                          |
| موضوع:               | نانو تکنولوژی.                                                                            |
| شناسه افزوده:        | الحاجی، امیر، ۱۳۶۶ -                                                                      |
| شناسه افزوده:        | پورنجف، رضا، ۱۳۶۵ -                                                                       |
| شناسه افزوده:        | دانشگاه صنعتی مالک اشتر. انتشارات. ۱۴۰۰                                                   |
| رده بندی کنگره:      | ۴۱۸/۹                                                                                     |
| رده بندی دیویی:      | ۶۲۰/۵                                                                                     |
| کتابشناسی ملی:       | ۸۵۳۰۵۸۸                                                                                   |

www.ketab.ir



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

واحد اسناد و کتابخانه ملی

عنوان کتاب: ..... خواص مواد در گذر از میکرو به نانو - جلد اول  
گردآوری: ..... محمدرضا لقمان استرکی - امیر الحاجی - رضا پورنجف  
ناشر: ..... انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر  
طرح روی جلد: ..... جواد جلالی نواد  
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: ..... دانشگاه صنعتی مالک اشتر  
صفحه آرایی رایانه ای: ..... مهدی ملایی  
ویراستار ادبی: ..... محسن ایزدپور  
کارشناس امور فنی و اجرایی: ..... فاطمه لڑ  
شمارگان: ..... ۱۰۰۰ جلد  
نوبت چاپ: ..... اول پاییز ۱۴۰۰  
قیمت: ..... ۷۰۰.۰۰۰ ریال

ISBN: 978-622-7352-39-9

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، معاونت پژوهش و فناوری،

مدیریت دانش، انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

## فهرست مطالب

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| پیشگفتار.....                                                                | أ  |
| فصل اول: مقدمه‌ای بر نانومواد.....                                           | ۳  |
| ۱-۱- مقدمه.....                                                              | ۳  |
| ۲-۱- طبقه‌بندی مواد نانو ساختار.....                                         | ۴  |
| ۳-۱- اثرهای ناشی از ساختار نانو.....                                         | ۷  |
| ۴-۱- اتم‌ها، خوشه‌ها و نانوذرات.....                                         | ۱۲ |
| ۱-۴-۱- خوشه‌ها.....                                                          | ۱۳ |
| ۲-۴-۱- اعداد جادویی.....                                                     | ۱۴ |
| ۵-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....                                              | ۲۰ |
| ۶-۱- منابع.....                                                              | ۲۱ |
| فصل دوم: خواص مکانیکی مواد نانو ساختار.....                                  | ۲۵ |
| ۱-۲- مقدمه.....                                                              | ۲۵ |
| ۲-۲- کشسانی نانومواد.....                                                    | ۲۷ |
| ۳-۲- استحکام، سختی و رابطه هال-پیچ در نانومواد.....                          | ۳۲ |
| ۱-۳-۲- برخی نتایج تجربی استحکام.....                                         | ۳۳ |
| ۲-۱-۳-۲- استحکام بالا و ازدیاد طول کم.....                                   | ۳۳ |
| ۳-۱-۳-۲- استحکام و انعطاف‌پذیری.....                                         | ۳۷ |
| ۴-۱-۳-۲- تأثیر نرخ کرنش بر استحکام.....                                      | ۴۰ |
| ۵-۱-۳-۲- ارتباط بین سختی و اثر هال-پیچ.....                                  | ۴۱ |
| ۶-۱-۳-۲- محدودیت‌های رفتار هال-پیچ: انحنای نابجایی در برابر اندازه دانه..... | ۴۶ |
| ۴-۲- شکست و خستگی در نانومواد.....                                           | ۴۹ |
| ۱-۴-۲- استحکام شکست و چقرمگی.....                                            | ۵۰ |

|          |                                                                   |
|----------|-------------------------------------------------------------------|
| ۵۵.....  | ۲-۴-۲- شکست نانومواد.....                                         |
| ۵۸.....  | ۲-۵- خزش و ابرومومسانی در نانومواد.....                           |
| ۶۰.....  | ۲-۵-۱- خزش در نانومواد بلورین.....                                |
| ۶۳.....  | ۲-۵-۱-۱- خزش در فلزات خالص نانو ساختار.....                       |
| ۶۹.....  | ۲-۵-۱-۲- خزش در آلیاژها.....                                      |
| ۷۲.....  | ۲-۵-۱-۳- خزش در سرامیک‌های اکسیدی.....                            |
| ۷۳.....  | ۲-۵-۲- ابرومومسانی.....                                           |
| ۷۵.....  | ۲-۵-۱-۲- ابرومومسانی در فلزات نانو ساختار نیکل و مس.....          |
| ۸۰.....  | ۲-۵-۲-۲- ابرومومسانی در آلیاژهای فلزی.....                        |
| ۸۱.....  | ۲-۵-۲-۳- ابرومومسانی در فلزات واسطه و ترکیبات بین فلزی.....       |
| ۸۲.....  | ۲-۶- سازوکار تغییر شکل و شکست در نانومواد.....                    |
| ۸۴.....  | ۲-۶-۱- سازوکارهای تغییر شکل مواد نانوبلورین.....                  |
| ۸۷.....  | ۲-۶-۲- سازوکارهای شکست در نانومواد.....                           |
| ۹۵.....  | ۲-۷- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....                                   |
| ۹۷.....  | ۲-۸- منابع.....                                                   |
| ۱۱۱..... | <b>فصل سوم: خواص حرارتی نانومواد</b> .....                        |
| ۱۱۱..... | ۳-۱- رسانایی گرمایی.....                                          |
| ۱۱۲..... | ۳-۱-۱- امواج شبکه.....                                            |
| ۱۱۳..... | ۳-۱-۲- فرایندهای برهم‌کنش.....                                    |
| ۱۱۹..... | ۳-۲- رسانایی گرمایی آلومینای نانو ساختار متخلخل در دمای بالا..... |
| ۱۲۰..... | ۳-۲-۱- سهم فونون در رسانایی گرمایی.....                           |
| ۱۲۲..... | ۳-۲-۲- سهم تابشی در رسانایی گرمایی.....                           |
| ۱۳۱..... | ۳-۳- تبلور نانومواد و ارتباط آن با خواص حرارتی.....               |
| ۱۳۴..... | ۳-۴- پیش‌بینی سینتیک تبلور مواد بی‌شکل.....                       |
| ۱۳۵..... | ۳-۴-۱- روش هم‌دمای برای بررسی سینتیک تبلور نانومواد.....          |

## پیشگفتار

### به نام آن که جان را فکرت آموخت

تاکنون در بین کتاب‌های فارسی منتشر شده در زمینه نانوفناوری، کتابی که صرفاً به معرفی تغییر خواص کلی نانومواد در مقایسه با میکرومواد پردازد، منتشر نشده است. جامعه‌ی هدف این کتاب، پژوهشگران و کارشناسان رشته‌های فیزیک، شیمی، مهندسی مواد و علوم وابسته به آن است. همچنین، کتاب حاضر سرفصل‌های درس خواص نانومواد برای رشته‌های علوم و فناوری نانو در مقطع تحصیلات تکمیلی را نیز دربر می‌گیرد. مجموعه حاضر دوجلدی است. جلد اول، شامل چهار فصل است. در فصل اول مقدمه‌ای بر نانوفناوری، طبقه‌بندی نانومواد و ذرات بنیادین تشکیل‌دهنده نانومواد ارائه شده است. فصل‌های دوم تا چهارم به خواص مکانیکی، حرارتی و خواص مقاومت الکتریکی و ابررسانایی نانومواد می‌پردازد. جلد دوم این کتاب به ساختار الکترونی، خواص نوری و مغناطواینتیکی، خواص مغناطیسی، خواص نانومواد ویژه و کاربردهای نانومواد اختصاص دارد. امید است این کتاب برای پژوهشگران نانوفناوری سودمند شود.

محمد رضا لقمان استرکی

پاییز ۱۴۰۰