

# **خواص مواد**

## **در گذر از مقیاس میکرو به نانو**

جلد دوم

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

**گردآوری:**

محمدرضا لقمان استرکی - سعید ذهبی - خشایار زمانی

پاییز ۱۴۰۰

|                      |                                                                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه:             | لقمان استرکی، محمدرضا، ۱۳۶۱- .                                                                   |
| عنوان و نام پدیدآور: | خواص مواد در گذر از میکرو به نانو/ گردآوری محمدرضا لقمان استرکی، سعید ذهبی، خشایار زمانی دارانی. |
| 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: ۱-۳۹-۷۳۵۲-۶۲۲-۹۷۸ ج ۲: ۵-۴۰-۷۳۵۲-۶۲۲-۹۷۸                            |
| وضعیت فهرست نویسی:   | فیپا.                                                                                            |
| یادداشت:             | واژه نامه.                                                                                       |
| یادداشت:             | کتابنامه.                                                                                        |
| یادداشت:             | جلد اول گردآوری محمدرضا لقمان استرکی، امیر الحاجی، رضا پورنجف است.                               |
| موضوع:               | مواد نانوساختار.                                                                                 |
| موضوع:               | نانو تکنولوژی.                                                                                   |
| شناسه افزوده:        | ذهبی، سعید، ۱۳۷۵- .                                                                              |
| شناسه افزوده:        | زمانی دارانی، خشایار، ۱۳۷۰- .                                                                    |
| شناسه افزوده:        | دانشگاه صنعتی مالک اشتر. انتشارات. ۱۴۰۰                                                          |
| رده بندی کنگره:      | TA ۴۱۸/۹                                                                                         |
| رده بندی دیویی:      | ۶۲۰/۵                                                                                            |
| کتابشناسی ملی:       | ۸۵۳۰۵۸۸                                                                                          |



عنوان کتاب: ..... خواص مواد در گذر از میکرو به نانو- جلد دوم  
گردآوری: ..... محمدرضا لقمان استرکی- سعید ذهبی- خشایار زمانی دارانی  
ناشر: ..... انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر  
طرح روی جلد: ..... جواد جلالی نژاد  
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: ..... دانشگاه صنعتی مالک اشتر  
صفحه رایی رایانه ای: ..... مهدی ملایی  
ویراستار ادبی: ..... محسن ایزدپور  
کارشناس امور فنی و اجرایی: ..... فاطمه لڑ  
شمارگان: ..... ۱۰۰۰ جلد  
نوبت چاپ: ..... اول پاییز ۱۴۰۰  
قیمت: ..... ۱۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال

ISBN: 978-622-7352-40-5

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 پنجم: هدایت الکتریکی، خواص نوری و مغناطو-اپتیکی نانومواد..... | ۳  |
| ۵-۱- مقدمه.....                                                   | ۳  |
| ۵-۲- فلزات.....                                                   | ۵  |
| ۵-۲-۱- مقدمه.....                                                 | ۵  |
| ۵-۲-۱-۱- انتقال کوانتومی الکترون‌ها.....                          | ۱۲ |
| ۵-۲-۲- رسانایی الکتریکی.....                                      | ۲۰ |
| ۵-۲-۲-۱- ساختار اتمی و خواص مکانیکی.....                          | ۲۱ |
| ۵-۲-۲-۲- رسانایی الکتریکی نانوسیم‌ها.....                         | ۲۶ |
| ۵-۲-۲-۳- رسانایی الکتریکی نرون یک اتم واحد.....                   | ۲۹ |
| ۵-۲-۳- پلاسمون‌های سطحی.....                                      | ۳۰ |
| ۵-۲-۳-۱- سرآغاز تشدید پلاسمون در نانوذرات فلزی نجیب.....          | ۳۱ |
| ۵-۲-۳-۲- تشدیدهای پلاسمون دوقطبی.....                             | ۳۳ |
| ۵-۲-۳-۳- تشدیدهای پلاسمون چهار قطبی.....                          | ۳۶ |
| ۵-۲-۳-۴- میرایی در نانوذرات کروی نقره.....                        | ۳۶ |
| ۵-۲-۳-۵- میدان‌های الکترومغناطیسی در ذرات کروی شکل.....           | ۳۸ |
| ۵-۳- نانولوله‌های کربنی.....                                      | ۴۳ |
| ۵-۳-۱- ساختار الکترونی.....                                       | ۴۴ |
| ۵-۳-۲- خواص انتقال کوانتومی.....                                  | ۴۷ |
| ۵-۳-۳- اتصالات و دستگاه‌های نانولوله‌ها.....                      | ۵۱ |
| ۵-۴- نیمه‌رساناها.....                                            | ۵۶ |
| ۵-۴-۱- مقدمه.....                                                 | ۵۶ |
| ۵-۴-۲- اصلاح نوار ممنوعه.....                                     | ۶۲ |

- ۶۲..... ۵-۴-۲-۱- اثرات اندازه کوانتومی.....
- ۶۶..... ۵-۴-۲-۲- گسسته شدن سطوح انرژی.....
- ۶۸..... ۵-۴-۳- خواص الکتریکی.....
- ۷۲..... ۵-۴-۳-۱- انرژی‌های مشخصه.....
- ۷۸..... ۵-۴-۳-۲- تونل‌زنی.....
- ۷۹..... ۵-۴-۳-۳- کمینه مقاومت تونل برای باردار کردن با الکترون منفرد.....
- ۸۱..... ۵-۴-۳-۴- اتصال دو تونلی.....
- ۸۶..... ۵-۴-۳-۵- ترانزیستور الکترون منفرد.....
- ۹۰..... ۵-۴-۳-۶- توضیح پدیده انسداد کولمبی در یک نقطه کوانتومی.....
- ۹۲..... ۵-۴-۳-۷- انتقال بار گسسته شده.....
- ۹۳..... ۵-۴-۳-۸- مهار کردن انرژی یک الکترون منفرد.....
- ۹۵..... ۵-۴-۴- خواص نوری.....
- ۹۵..... ۵-۴-۴-۱- پهنای خطوط: توزیع‌های اندازه و عریض شدگی ذاتی.....
- ۱۰۰..... ۵-۴-۴-۲- لومینسانس و الکترو لومینسانس.....
- ۱۰۲..... ۵-۵- خواص مغناطو-پتیکی نانومواد.....
- ۱۰۲..... ۵-۵-۱- اثر مغناطو-پتیکی.....
- ۱۰۴..... ۵-۵-۱-۱- شرح اثر فارادی.....
- ۱۰۵..... ۵-۵-۱-۲- شرح اثر کر.....
- ۱۰۶..... ۵-۵-۲- اثر مغناطو-پتیکی نانوذرات فلزی و لایه‌های نانوذره.....
- ۱۱۵..... ۵-۵-۳- اثر مغناطو-پتیکی نانوذرات اکسیدی.....
- ۱۱۹..... ۵-۵-۴- اثر مغناطو-پتیکی ساختار کامپوزیت نانوذرات مغناطیسی بی‌شکل.....
- ۱۲۳..... ۵-۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....
- ۱۲۴..... ۵-۷- منابع.....
- ۱۳۵..... فصل ششم: خواص مغناطیسی نانومواد.....
- ۱۳۵..... ۶-۱- مقدمه.....

## پیشگفتار

به نام آن که جان را فکرت آموخت

تاکنون در بین کتاب‌های فارسی منتشرشده در زمینه نانوفناوری، کتابی که صرفاً به معرفی تغییر خواص کلی نانومواد در مقایسه با میکرو مواد، جمع‌آوری نشده است. جامعه‌ی هدف این کتاب، پژوهشگران و کارشناسان رشته‌های فیزیک، شیمی، مهندسی مواد و علوم وابسته به آن است. همچنین، در کتاب حاضر سرفصل‌های درس خواص نانومواد برای رشته‌های علوم و فناوری نانو در مقطع تحصیلات تکمیلی پوشانده شده است. مجموعه پیش رو، دوجلدی است. جلد اول، شامل چهار فصل است. در فصل اول مقدمه‌ای بر نانوفناوری، طبقه‌بندی نانومواد و ذرات بنیادین تشکیل‌دهنده نانومواد بررسی شده است. فصول دوم تا چهارم خواص مکانیکی، حرارتی و خواص مقاومت الکتریکی و ابررسانایی نانومواد بررسی شده است. در جلد دوم این کتاب ساختار الکترونی، خواص نوری و مغناطوس-ایتیکی، خواص مغناطیسی، خواص نانومواد ویژه و کاربردهای نانومواد بیان شده است. امید است این کتاب مفید فایده برای پژوهشگران نانوفناوری واقع شود.

محمد رضا لقمان استرکی

پاییز ۱۴۰۰