

سری شیمی و مهندسی شیمی (۱) - ۵

# اصول شیمی و فیزیک گرافن

(نانومواد پایه گرافن و گرافن اکسید)

اصول، مفاهیم و کاربردها

سکار چاندرا رای

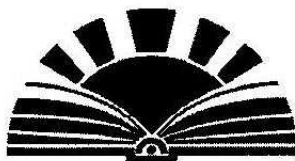
ترجمه:

علی بهبهانی املشی

(کارشناس ارشد شیمی فیزیک)

دکتر نسرين جوادى

(دکتری شیمی فیزیک)



انتشارات پلانه نشر دانش

نویسنده و نام پدیدآور: اصول شیمی و فیزیک گرافن (نانومواد پایه گرافن و گرافن اکسید) (اصول، مفاهیم و کاربردها)، سکار چاندرا رای  
ترجمه: علی بهبودی املشی، نسرين جوادى  
شخصیات نشر: قزوین، یگانه نشر دانش، ۱۳۹۷-  
وضعیت فهرست نویسی: فیبا

شخصیات ظاهری: ۱۳۰ص، مصور، جدول، نمودار، شابک: ۵-۶-۹۶۱۳۴-۶۰۰-۹۷۸، قیمت: ۲۵۰۰۰۰ ریال

بازداشت: عنوان اصلی: Applications of Graphene and Graphene – Oxide Based Nanomaterials, 2015

بازداشت: کتابنامه موضوع: گرافین، خواص موضوع: مواد نانوساختار  
فروست: سری شیمی و مهندسی شیمی (۱)-۵ موضوع: نانولوله های کربنی

شناسه افزوده: بهبودی املشی، علی، ۱۳۵۸- مترجم

شناسه افزوده: جوادى نسرين، ۱۳۶۱- مترجم

رده بندی کنگره: ۱۳۹۷ ر ۲ ن ۹/۴۱۸ TA

شماره کتابشناسی ملی: ۵۲۹۵۳۴۶

رده بندی دیوئی: ۶۲۰/۱۰۳۰۱۰



انتشارات یگانه نشر دانش

انتشارات یگانه نشر دانش  
(ناشر کتاب های علوم پایه و فنی مهندسی)

نام کتاب اصلی: Applications of Graphene and Graphene – Oxide Based Nanomaterials

نام کتاب: اصول شیمی و فیزیک گرافن (پایه گرافن و گرافن اکسید، (اصول، مفاهیم و کاربردها)  
نویسنده: سکار چاندرا رای

ترجمه: علی بهبودی املشی، نسرين جوادى

نام لاتین: Principles of Chemistry and Physics of Graphene,

Graphene and Graphene – Oxide Based Nanomaterials (Principles, Concepts and Applications)

نویت و تاریخ نشر: اول، ۱۳۹۷، کد کتاب: ۵-۱ (۵)، قطع و صفحه بربری: ۱۳۰ص، شمارگان: ۵۰۰ نسخه

لیتوگرافی، صحافی و چاپ: گاندی (کرج)، کد پستی ۲۱۴۸۷۸۵۹۱۵

تایپ، صفحه آرایی و طراحی جلد: انتشارات یگانه نشر دانش (قزوین)

ناشر: انتشارات یگانه نشر دانش (ناشر کتاب های تخصصی دانشگاهی)، واحد طرح و بامه (۱۳۹۴)

سری شیمی و مهندسی شیمی (۱)، ترکیبات نه مهندسی (۱)

قیمت: ۲۵۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-96134-6-5

شابک: ۵-۶-۹۶۱۳۴-۶۰۰-۹۷۸

نشانی دفتر مرکزی انتشارات:

قزوین، میدان آزادی، ابتدای خیابان نادری، کوچه زربآبادی، ساختمان غنچه، طبقه همکف، واحد ۵، کد پستی ۳۴۱۳۶-۵۸۶۳۹

نمابر: ۰۲۸-۲۳۶۹۹۹۵۲

تلفن: ۰۲۸-۲۳۲۲۱۵۶۱

صندوق پستی: ۱۱۵۸-۳۴۱۴۵

URL: [www.Yeganeh.N.Danesh.ir](http://www.Yeganeh.N.Danesh.ir)

Email: [YND.bookpublisher@gmail.com](mailto:YND.bookpublisher@gmail.com)

کلیه حقوق چاپ و نشر برای انتشارات یگانه نشر دانش محفوظ بوده و

هرگونه چاپ و تکثیر (کپی، صوتی، تصویری و انتشار الکترونیکی) از محتویات و یا طرح جلد کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است و متخلفان به موجب قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

علم چون بر دل زند، یاری شود  
علم‌های اهل دل حمالشان

علم چون بر تن زند، باری شود  
علم‌های اهل تن احمالشان

شاخه‌های علمی گوناگون علوم پایه و فنی - مهندسی در جوامع بشری دارای جایگاه ویژه‌ای در فرآیند تولید علم هستند زیرا تولید علم منجر به تولید فناوری و توسعه و پیشرفت صنایع خواهد شد. امروزه با توجه به پیشرفت سریع و فزاینده علوم، به کارگیری توانایی و قابلیت‌های علمی در جهت افزایش آگاهی و درک جهان هستی و نیز تقویت توان علمی و دانشی کشور از وظایف مرکز تحقیقاتی و پژوهشی است. بی‌شک این وظیفه خطیر مستلزم تلاش بی‌وقفه در عرصه فرهنگ از سوی متولیان امر به خصوص از جانب نهادهای مربوطه و فعالان حوزه چاپ و نشر در زمینه انتشار و توزیع کتاب‌ها و متون علمی گوناگون آن هم در سطح مطلوب، کارآمد و در یک پارچو، مشخص خواهد بود.

در این راستا، انجمن ناشران ایرانی، بدنه نشر دانش با توجه به اهداف آرمانی و سازمانی خود و با قبول این مسئولیت خطیر، با محوریت انتشار و توزیع کتاب‌های تخصصی علمی، دانشگاهی و فناوری در حوزه علوم پایه و فنی - مهندسی و با هدف به کارگیری توان و نیروی خود در جهت آرایه و انتشار آثار به روز و چشم‌انداز علمی جهان بر این عقیده است که در مدت زمان کوتاه خواهد توانست، نسبت به این رسالت مهم جامعه عمل بپوشاند. از این رو، مدیریت انتشارات سعی دارد، با معرفی و نشر آثار علمی تخصصی نوین به صورت کتاب‌های درسی و فنی در حوزه‌های گوناگون از سوی جامعه دانشگاهی، به خصوص اساتید محترم دانشگاه‌ها، اندیشمندان، دانش‌پژوهان و فارغ‌التحصیلان و دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی گام‌های اساسی در این زمینه بردارد. آنچه که در این مسیر طولانی، پریچ و خم، راهگشای نیل به اهداف مورد نظر خواهد بود، اتکال به خداوند متعال و پابندی ارزش‌ها و آرمان‌های پیش روی در حوزه‌های علمی گوناگون است.

ناشر اعتقاد راسخ دارد که کتاب، کتابخوانی و نشر و گسترش فرهنگ، استفاده از آن دارای اهمیت بسیار ویژه‌ای بوده و کتاب حاضر نیز خواهد توانست، به گونه‌ای مؤثر خلاء موجود در این حوزه را پر نموده و در پیشبرد و افزایش آگاهی علمی و توان دانشی جامعه علمی نقش بسیار زیادی داشته باشد. ناشر در پایان از آرایه هرگونه نظرات، انتقادات و پیشنهادات سازنده در این حوزه به منظور بهبود و ارتقای عملکرد انتشارات، صمیمانه استقبال خواهد نمود.

من الله التوفیق و علیه التکلان

مدیریت انتشارات

## فہرست مطالب

سختن ناشر.....

پیشگفتار مترجم.....

فصل اول مزیت‌ها و کاربردهای گرافن.....

۱-۱ مقدمه.....

۲-۱ تهیه و سنتز گرافن.....

۳-۱ خصوصیات گرافن.....

۴-۱ کاربردهای بالقوه و مزایای گرافن.....

۱-۲-۱ ترانزیستورهای ذخیره هیدروژن.....

۲-۴-۱ ترانزیستورهای به عنوان یک باتری.....

۳-۴-۱ کاربرد ترانزیستورهای به عنوان رسانای شفاف (الکترودها).....

۱-۳-۴-۱ ترانزیستورهای به عنوان الکترودهای رسانای شفاف.....

۲-۳-۴-۱ قطعات الکترونیک قابل تغییر.....

۳-۳-۴-۱ صفحه‌های لمسی.....

۴-۴-۱ سلول‌های خورشیدی و OPVها.....

۱-۴-۴-۱ سلول‌های فوتوولتایی آلی.....

۵-۴-۱ پیل‌های سوختی.....

۶-۴-۱ پیل‌های سوخت زیستی میکروبی.....

۷-۴-۱ پیل‌های سوخت زیستی آنزیمی.....

۸-۴-۱ دیودهای آلی ساطع‌کننده نور (OLED).....

۹-۴-۱ ترانزیستورهای به عنوان یک ابرخازن - فراخازن‌ها.....

۱۰-۴-۱ اسپینترونیک.....

۱-۱۰-۴-۱ تعداد زیادی از چالش‌ها و فرصت‌های مورد انتظار.....

۱۱-۴-۱ مدارهای یکپارچه.....

۱۲-۴-۱ ترانزیستورها.....

۱۳-۴-۱ ترانزیستورهای بالیستیک.....

- ۴۲ ..... ۱۴-۴-۱ کاربردهای رادیوفرکانسی
- ۴۳ ..... ۱-۱۴-۴-۱ آنتن‌های نانو
- ۴۴ ..... ۱۵-۴-۱ کاهنده صوتی
- ۴۴ ..... ۱۶-۴-۱ گرافن به عنوان حسگر
- ۴۵ ..... ۱-۱۶-۴-۱ حسگرهای الکتروشیمیایی
- ۴۵ ..... ۲-۱۶-۴-۱ حسگرهای گازی
- ۴۵ ..... ۳-۱۶-۴-۱ حسگرهای زیستی
- ۴۶ ..... ۱۱-۴-۱ مواد کامپوزیت
- ۴۸ ..... ۱۸-۴-۱ صفحه نمایش‌های کریستال مایع
- ۴۸ ..... ۱۹-۴-۱ کوآنتنات‌های گرافنی
- ۴۹ ..... ۲۰-۴-۱ تقویت کننده فرکانس
- ۴۹ ..... ۲۱-۴-۱ تعدیل کننده نوری
- ۴۹ ..... ۲۲-۴-۱ تشخیص نور مادون قرمز
- ۵۰ ..... ۲۳-۴-۱ آشکارگرهای نوری گرافنی
- ۵۰ ..... ۲۴-۴-۱ خاصیت پیزوالکتریسیته
- ۵۱ ..... ۵-۱ نتیجه و دیدگاه (چشم‌انداز)های گرافن
- ۵۱ ..... ۶-۱ چالش‌های کنونی و تحقیقات آتی در حوزه نانومواد گرافنی
- ۵۳ ..... منابع و مآخذ

## فصل دوم کاربردها و مزایای گرافن اکسید

- ۶۵ ..... ۱-۲ مقدمه
- ۶۷ ..... ۲-۲ تهیه و سنتز GO و rGO
- ۷۰ ..... ۳-۲ عامل‌دار کردن سطحی GO و rGO
- ۷۲ ..... ۴-۲ خصوصیات GO و rGO
- ۷۲ ..... ۵-۲ کاربردهای GO و rGO
- ۷۳ ..... ۱-۵-۲ GO و rGO در سیستم‌های الکترونیکی
- ۷۳ ..... ۲-۵-۲ GO و rGO به عنوان سیستم ذخیره انرژی

|    |                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------|
| ۷۵ | ۳-۵-۲ GO و rGO به عنوان حسگرهای زیستی.....                      |
| ۷۷ | ۴-۵-۲ کاربردهای زیست پزشکی GO و rGO.....                        |
| ۷۸ | ۵-۵-۲ GO به عنوان صافی (فیلتر) تصفیه آب.....                    |
| ۷۹ | ۶-۵-۲ کاربرد GO و rGO در فناوری پوشش دهی (اندودکاری).....       |
| ۷۹ | ۷-۵-۲ کامپوزیت های GO و rGO و مواد کاغذی مانند.....             |
| ۷۹ | ۶-۲ نتیجه گیری و چشم انداز GO و rGO.....                        |
| ۸۱ | ۷-۲ چالش های کنونی و تحقیقات آتی در خصوص نانوماده GO و rGO..... |
| ۸۲ | منابع و مآخذ.....                                               |

## فصل ۳ نانوذرات کربن پایه گرافن برای کاربردهای تصویربرداری..... ۸۷

|     |                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------|
| ۸۷  | ۱-۳ مقدمه.....                                                 |
| ۸۹  | ۲-۳ فرآیند تهیه نانوذرات کربن.....                             |
| ۸۹  | ۱-۲-۳ سنتز CP از اکسید گرافیت در حالت سوختن.....               |
| ۹۰  | ۲-۲-۳ سنتز نانوذره کربن از روش کربنات دار کردن کربوهیدرات..... |
| ۹۱  | ۳-۲-۳ عامل دار کردن FNC.....                                   |
| ۹۵  | ۳-۳ خصوصیات نانوذرات کربنی.....                                |
| ۹۵  | ۱-۳-۳ خصوصیات فیزیکی و ساختاری.....                            |
| ۱۰۲ | ۲-۳-۳ خصوصیات شیمیایی و پیوندی.....                            |
| ۱۰۵ | ۳-۳-۳ خصوصیات لومینسانس نوری.....                              |
| ۱۰۸ | ۴-۳ کاربرد نانوذرات کربن در فرآیند تصویربرداری زیستی.....      |
| ۱۱۲ | ۵-۳ سمیت سلولی FCN.....                                        |
| ۱۱۳ | ۶-۳ بحث و نتیجه گیری.....                                      |
| ۱۱۶ | ۷-۳ بحث و نتیجه گیری و چشم اندازهای نانوذرات کربنی.....        |
| ۱۱۶ | ۸-۳ چالش های کنونی و تحقیقات آتی در مورد نانوذرات کربنی.....   |
| ۱۱۷ | منابع و مآخذ.....                                              |
| ۱۱۸ | واژه نامه فارسی - انگلیسی.....                                 |
| ۱۱۸ | واژه نامه انگلیسی - فارسی.....                                 |

## «به نام یگانه هستی بخش»

### پیشگفتار مترجم

حسنت به اتفاق ملاحظت جهان گرفت      آری به اتفاق جهان می توان گرفت  
زین آتش نهفته که در سینه من است      خورشید شعله ای است که در آسمان گرفت

به طور یقین افزایش دانش جوامع علمی و صنعتی کشور در رابطه با مواد نومیهندسی، مقدمه ای برای گسترش کاربرد این مواد و بهره مندی از ویژگی های فوق العاده آن ها در بخش های گوناگون زندگی است. منظور از مواد نومیهندسی و یا نوترکیب، آن دسته از مواد مهندسی هستند که در سال های اخیر به شدت توسعه یافته و دریچه های تازه در مقابل بشر گشوده اند. ویژگی های منحصر به فرد این مواد مانند استحکام و سختی بالا، انعطاف پذیری و مقاومت در برابر سایش، خاص الکتریک و مغناطیسی جالب و منحصر به فرد منجر به افزایش علاقه و توجه بسیاری از محققین به این مواد شده است. با استفاده از این مواد می توان محصولات کوچکتر، سبکتر، هوشمندتر و دارای قابلیت های کاربردی چندمنظوره تولید کرد. به طور کلی مواد نومیهندسی را می توان به پنج دسته کلی مواد هدفمند، مواد هوشمند، آلیاژهای حافظه دار، مواد مرکب و نانومواد تقسیم بندی کرد.

شاید بشر دیروز هرگز نمی توانست، تصور کند که روزی این مواد بتوانند، چنین نقش کلیدی را در زندگی وی ایفا کنند. تکنولوژی مواد نومیهندسی، بر سه آن که چه زمانی به مراحل رشد سریع خود در بازار برسند، تحولات وسیعی را با توجه به کاربردهای مختلف خود به همراه خواهند داشت. برنامه های علمی و تحقیقاتی بر روی مواد نومیهندسی در کشورهای مختلف جهان آغاز خوبی داشته است. در حال حاضر طیف فرآیندها و کاربردهای مواد نومیهندسی بسیار گسترده شده است و گروه های تحقیقاتی زیادی روی موضوع مواد نو در حال پژوهش و بررسی انجام می دهند. این تحقیقات می تواند، در آینده نیاز صنعت را در انتخاب روش های تولید و کاربردهای گوناگون پاسخگو باشد. در بین کشورهای پیشرفته در زمینه مواد نومیهندسی، چین و آمریکا بیشترین تولید مقالات را در این زمینه داشته اند و آمریکا با اختلاف زیادی نسبت به سایر کشورها دارای استقلال بیشتری در تولید علوم مواد نومیهندسی است. به لحاظ کاربردی مواد نومیهندسی در آسیا؛ کشور ژاپن، در اروپا؛ کشور آلمان و آمریکا با فاصله زیادی نسبت به این دو کشور جایگاه نخست را در جهان داراست.

کتاب اخیر با هدف معرفی و شناساندن یکی از مهمترین مواد نومه‌پندسی در دنیا؛ یعنی گرافن ترجمه شده است. این کتاب در ۳ فصل به بیان گسترده و علمی کاربردهای نانومواد پایه گرافن و گرافن اکسید پرداخته است.

فصل اول کتاب به تبیین استفاده و کاربردهای گرافن، فصل دوم به تبیین کاربردها و موارد استفاده گرافن اکسید و گرافن اکسید احیاء شده و در نهایت فصل سوم به تشریح کاربردهای نانوذرات کربنی پایه گرافن در تصویربرداری زیستی پرداخته است. به کارگیری منابع متعدد علمی در هر فصل توسط نویسنده کتاب و به روز بودن مطالب ارائه شده بر غنای کتاب افزوده است. این کتاب می‌تواند، به عنوان یک کتاب مرجع و سودمند آن هم به علت دارا بودن منابع علمی متعدد، راهگشای نیل هرچه سریعتر به اهداف تحقیقاتی محققین، پژوهشگران، دانشجویان تحصیلات تکمیلی و اساتید محترم در حوزه‌های تحقیقاتی علوم پایه از جمله شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و گرایش‌های مختلف این رشته‌ها باشد تا با استفاده از آن بتوانند، پروژه‌های تحقیقاتی ریادی را به نتیجه برسانند.

این کتاب در سال ۲۰۱۰ توسط انتشارات ویلیام اندرو (زیرشاخه انتشارات السویر) منتشر شده است.

باید توجه داشت که دانش ارائه شده در این حوزه آن هم به عنوان یک حوزه تحقیقاتی جدید به طور پیوسته در حال تغییر است. پوشک تجربه کسب‌شده در این حوزه در تغییر روش‌های تحقیق یا شیوه‌های حرفه‌ای مورد استفاده در این حوزه بسیار مؤثر است هر چند که ضرورت تکیه و تأکید محققان به تجربه علمی توأم با دانش کسب‌شده از طریق به کارگیری داده‌ها و اطلاعات این روش‌ها می‌تواند، پیمایش این مسیر را تسهیل نماید.

در این کتاب صرفاً به بیان مطالب علمی پرداخته شده است. مسئولیت به کارگیری از این مطالب (روش‌ها، محصولات، دستورالعمل‌ها یا ایده‌های موجود بر روی خوانندگان و کاربران محققین و پژوهشگران) عزیز خواهد بود.

این کتاب می‌تواند، به خوبی مورد استفاده دانشجویان کارشناسی و تحصیلات تکمیلی که به تحقیق و پژوهش در زمینه مواد نو ترکیب و نومه‌پندسی مشغول هستند، قرار گیرد. از ویژگی‌های کتاب حاضر ارائه و تنظیم دو واژه‌نامه کامل و دقیق فارسی - انگلیسی و انگلیسی - فارسی در پایان کتاب بوده که با دارا بودن طیف وسیعی از واژه‌ها (حدود ۹۰ برابر نهاده) می‌تواند، مرجع مناسبی برای دانشجویان و مترجمین این حوزه باشد. انتخاب لغات به گونه‌ای بوده که تکمیل‌کننده واژه‌نامه‌های کتب فنی و مهندسی موجود در این زمینه خواهد بود.

بی‌شک در به انجام رسیدن این تلاش مستمر، مساعدت و همیاری بسیاری از افراد را نمی‌توان نادیده انگاشت. بدین سبب:

از مساعدت و همکاری صمیمانه همکار محترم جناب آقای مهندس حامد حاجی بهرامی، به جهت طراحی جلد کتاب کمال تشکر و قدردانی را داریم.

از مساعدت و همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس بابک عشوری ملومه به جهت لطف و محبت بی دریغ ایشان تشکر و قدردانی فراوان می‌شود.

همچنین از زحمات و تشویق همکار گرامی جناب آقای مهندس مختار مهین‌دهقان به جهت لطف و تشویق همیشگی ایشان سپاسگزاری بسیار می‌شود.

از مساعدت سرکار خانم مهندس زهرا جمالی (مؤسسه پیشگامان حمایت از حقوق معلولین قزوین) به منظور دقت‌نظر و حوصله ایشان در تایپ و آماده‌سازی متن کتاب حاضر قدردانی فراوان می‌شود.

اگر چه سیم سده است تا این اثر به بهترین شکل ممکن و به عنوان یک کتاب مرجع سودمند به حل فن، دانشجویان عزیز و اساتید محترم تقدیم شود اما به طور یقین همانند هر اثر دیگری خالی از ایراد و عیب نخواهد بود. از این رو مترجمین این اثر از هر گونه انتقاد و پیشنهاد سازنده جهت اصلاح و بهبود کیفیت مطالب آن صمیمانه و با کمال میل استقبال خواهند نمود تا در چاپ‌های بعدی آن را مورد تصحیح قرار دهند.<sup>۱</sup>

علی بهبودی املشی

نسرین جوادی

۱۳۹۶

<sup>۱</sup> - از خوانندگان محترم خواهشمند است، نظرات، پیشنهادات و انتقادات سازنده خود را از طریق ناشر به نشانی پست الکترونیکی [YND.bookpublisher@gmail.com](mailto:YND.bookpublisher@gmail.com) ارسال فرمایید تا در چاپ‌های بعدی مورد تصحیح قرار گیرد.